O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O‘RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

Ro‘yxatga olindi
№ 68
2020 yil «____»___________

TASDIQLAYMAN
O‘quv ishlari bo‘yicha prorektor
_______________O. Zaripov
2020 yil «___»_____________

" NAZARIY MEXANIKA VA MASHINA VA MEXANIZMLAR NAZARIYASI" KAFEDRASI

" NAZARIY MEXANIKA" FANIDAN
O‘QUV-USLUBIY MAJMUA

Bilim sohasi(lari):	300 000 - Ishlab chiqarish – texnik soha;
	600000 - Xizmatlar sohasi;
	110000 - Pedagogika;
Ta’lim sohasi (lari):	310000 - Muxandislik ishi;
	320000 - Ishlab chiqarish texnologiyalari;
	610000 - Xizmat ko‘rsatish sohasi;
	620000 - Transport;
	640000 - Hayot faoliyati xavfsizligi.
Ta’lim yo’nalishlari:	Ta’lim sohasiga tegishli yo‘nalishlar.

Тошкент-2020

O‘quv-uslubiy majmua O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligida № 5D320100-2.07 raqam bilan ro‘yxatga olingan va 2020 yil “14” 08 da 418 - sonli buyruq bilan tasdiqlangan namunaviy fan dasturi asosida tuzilgan.

Tuzuvchilar:

Karimov K.A. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori;

Mirsaidov M. - Toshkent Irrigatsiya va Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash Muhandislari instituti «Nazariy va qurilish mexanikasi» kafedrasi mudiri, texnika fanlari doktori, professor;

Nematov E.H. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi mudiri, texnika fanlari falsafa doktori;

Xudjayev M.K. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi dotsenti, texnika fanlari nomzodi;

Axmedov A.X. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi dotsenti, texnika fanlari falsafa doktori;

Xabibullaeva X.N.- Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi dotsenti;

Xojibekov T.D. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi kata o’qituvchisi;

Karimova A.R. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi assistenti;

Qayumov A.Sh. – Toshkent davlat texnika universiteti “Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi” kafedrasi katta o’qituvchisi;

Taqrizchilar:

Karimov R. I. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

Movlonov T.M. - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizasiyalash muhandislari instituti « Nazariy va qurilish mexanikasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

Bahodirov G‘.O. - O‘zFA mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti yetakchi ilmiy xodimi, t.f.d. prof.

O‘quv-uslubiy majmua fakultetning “Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi” kafedrasi majlisida (2020 yil “26” 05 20 -son bayonnoma) muhokama qilindi va fakultetning o‘quv-uslubiy kengashiga tavsiya etildi.

Kafedra mudiri: PhD Nematov E.H.

Kotib: K.o‘q. Xojibekov T.D.

O‘quv-uslubiy majmua Mexanika fakultetining o‘quv-uslubiy kengashida ko‘rib chiqildi (2020 yil “04” 06 10 - son bayonnoma) va universitetning Ilmiy-uslubiy kengashiga tasdiqlashga topshirildi.

O‘quv-uslubiy kengash raisi: ________ Prof. Karimov SH.

Kotiba: ________ Assis. Abdukarimova S.

O‘quv-uslubiy majmua universitetning Ilmiy - uslubiy kengashida ko‘rib chiqildi va tasdiqlandi (2020 yil ___ ___- son majlis bayonnomasi).

Ilmiy - uslubiy kengash kotibi: N. Mambetov

MUNDARIJA

Bet

Ma'ruzalar mavzulari (fan dasturiga muvofiq modullar tarkibida berilgan)
Nazariy mexanikaga kirish
Statika.
1-modul. Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari.

1-mavzu.
Qattiq jism statikasi. Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari: mutloq /absolyut/ qattiq jism, kuch, muqobil /ekvivalent/ va muvozanatlashgan kuchlar tizimlari, teng ta'sir etuvchi.

2-mavzu.
Statika aksiomalari. Bog‘lanishlar va bog‘lanish reaksiyalari. Bog‘lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.

2- modul. Kesishuvchi kuchlar tizimi.
3-mavzu.
Kesishuvchi kuchlar tizimi. Kuchlarni qo‘shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo‘yilgan va kesishuvchi kuchlar tizimsi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik usulda qo‘shish. Kesishuvchi kuchlar tizimi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar tizimi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

3-modul.Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti

4-mavzu.Kuch momenti. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning nuqta nisbatan momenti vektori. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti bilan shu o‘qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat.
Juft kuchlar nazariyasi. Juftning algebraik momenti. Juft kuch moment vektori. Juft kuch momenti haqidagi teorema. Juftlarning muqobilligi haqida teorema va natijalar. Juftni o‘zining ta'sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish haqidagi teorema.. Juftlar tizimsining muvozanat shartlari.

4-modul. Kuchlarni bir markazga keltirish

5-**mavzu.** Kuchni o‘ziga parallel ko‘chirish. Fazoda ihtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi. Fazoviy kuchlar tizimini bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar tiziminingbosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar tizimini juftga yoki teng ta'sir etuvchiga keltiriladigan hollar. Fazoviy kuchlar tizimining muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Xususiy hollarda muvozanat shartlari.

Tekislikdagi kuchlar tizimi. Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanati. Tekislikdagi parallel kuchlar tizimining muvozanati. Yuzaga tekis taralgan kuchlar va ularni to‘plangan kuch bilan almashtirish. Bir necha jismdan tashkil topgan tizim muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

5-modul. Ishqalanish. Og‘irlik markazi

6-**mavzu.** Sirpanishdagi va dumalashdagi ishqalanish. Ishqalanish koeffitsienti. Ishqalanish burchagi va ishqalanish konusi. Muvozanat sohasi.

Parallel kuchlar tizimsini teng ta'sir etuvchiga keltirish. Parallel kuchlar markazi va uning radius-vektori, hamda koordinatlarini aniqlash formulalari. Qattiq jismning og‘irlik markazi. Bir jinsli hajm, yuza va chiziqning og‘irlik markazi. Jismning og‘irlik markazi holatini aniqlash usullari.

Kinematika.
6-modul. Nuqta kinematikasi

7-**mavzu.** Kinematikaga kirish. Kinematikaning asosiy tushunchalari. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi. Sanoq tizimsi. Nuqta kinematikasi.Nuqta harakat qonunining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi /traektoriyasi. Nuqtaning tezlik va tezlanishi.Nuqtaning tezlik va tezlanishvektorlari. /Tezlik godografi/.

Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash.

8-**mavzu.**

Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning tabiiy uch yoqlik o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash; urinma va normal tezlanishlar. Nuqta tezligi va tezlanishini qutb koordinatalarida aniqlash.

7-modul. Qattiq jismning sodda harakatlari

9-**mavzu**

Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqidagi teorema.

Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi, hamda ularni vektor tarzda tasvirlash.

Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi. Eyler formulasi. /Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko‘paytma orqali ifodalash/.

8-modul. Murakkab harakat

10-**mavzu.**

Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq /absolyut/ harakatlari. Ko‘chirma harakat, ilgarilanma yoki qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat bo‘lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo‘shish haqidagi teoremalar. Koriolis tezlanishi.

9-modul. Qattiq jismning tekis-parallel harakati

11-**mavzu.**

Qattiq jismning tekis harakati va uni tekis shaklining o‘z tekisligidagi harakatga keltirish. Tekis-parallel harakat tenglamalari. Tekis shakl harakatini qutb bilan birgalikda oniy ilgarilanma va qutb atrofida oniy aylanma harakatlarga ajratish. Burchak tezlik va burchak tezlanishning qutb tanlanishiga bog‘liq emasligi. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash. Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining proeksiyalari haqidagi teorema.

12-**mavzu.**

Tezliklar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash.

10-modul. Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi harakati yoki sferik harakat

13-**mavzu.**

Qattiq jismning sferik harakati.Eyler burchaklari. Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi harakatining tenglamalari.

Jismning oniy aylanish o‘qi. Jismning aylanish oniy burchak tezligi va aylanish burchak tezlanishi, hamda ularning vektorlari. Qo‘zg‘almas nuqtasi bo‘lgan jism nuqtalari tezlik va tezlanishlarini aniqlash.Eylerning kinematik tenglamalari.

Dinamika.

11-modul. Dinamikaga kirish. Dinamikaning asosiy qonunlari.

14-**mavzu.**

Asosiy tushunchalar: massa, moddiy nuqta, faol /aktiv/ va passiv kuchlar; o‘zgarmas va o‘zgaruvchi kuchlar. Klassik mexanika Galiley-Nyuton qonunlari. inersion va noinersion hisob tizimlari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy koordinatalarda ifodalanishi.

Moddiy nuqta dinamikasi.

12- modul. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalari

15-**mavzu.**

Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalarini yechish; integrallash o'zgarmaslari va ularni boshlang'ich shartlarga ko'ra aniqlash. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat differensial tenglamasini sodda hollarda yechish.

13-modul. Moddiy nuqtaning nisbiy harakati

16-**mavzu.**

Moddiy nuqtaning nisbiy harakati differensial tenglamalari. Ko'chirma va Koriolis inersiya kuchlari. Koriolis inersiya kuchining yer ustidagi bino va inshootlariga ta'siri. Klassik mexanikaning nisbiylik nazariyasi; nisbiy muvozanat.

14-modul Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatlari

17-**mavzu.**

Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli erkin bir maromdagi /garmonik/ tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi,tebranish davri va tebranish takrorligi /chastotasi/. /Moddiy nuqtaning tezlikni birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuchi ta'siridagi so'nuvchi tebranma harakati; so'nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so'nuvchi harakatlar.

18-**mavzu.**

Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans. Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri. (Nuqtaning tebranma harakati kafedra qarori bilan erkinlik darajasi birga teng mexanik tizim tebranma harakatining xususiy holi sifatida o'tilishi ham mumkin).

15-modul. Mexanik tizim dinamikasiga kirish.

19-**mavzu.**

Qattiq jism dinamikasi.Mexanik tizimlar.Tizimlar massasi. Tizim massalar markazi va uning koordinatalari. Mexanik tizimlarga ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiyasi. Ichki kuchlarning xossalari.

Mexanik tizim va qattiq jismning qutbga, o'qqa va tekislikka nisbatan inersiya momentlari. Inersiya radiusi. Jismning o'zaro parallel o'qlarga nisbatan inersiya momentlari haqida teoremasi. Ba'zi bir jinsli jismlar /sterjen, halqa, silindr, disk, to'g'ri to'rtburchak, sharning o'qqa nisbatan inersiya momentlari.

16-modul. Dinamikaning umumiy teoremalari.

20-**mavzu.** Mexanik tizimlar harakatning differensial tenglamalari. Mexanik tizim massalar markazining harakati haqidagi teorema. Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni.

Moddiy nuqta va mexanik tizim harakat miqdori; mexanik tizim harakat miqdorini massalar markazining tezligi orqali ifodalanishi. Kuch impulsi. Mexanik tizim harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial va integral ko‘rinishlari. Harakat miqdorining saqlanish qonuni.

21-**mavzu.**

Moddiy nuqta harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan momenti. Mexanik tizim harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan bosh momenti /kinetik momenti/. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o‘qiga nisbatan kinetik momenti. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teorema. Kinetik momentning saqlanish qonuni.

22-**mavzu**

Kuchning elementar ishi; uning analitik ifodasi. Kuchning chekli oraliqdagi ishi. Og‘irlik kuchi, elastiklik kuchi, tortishish kuchi, ishqalanish kuchi va aylanuvchi jismga qo‘yilgan kuchning ishi. Ichki kuchlarning ishi. Quvvat.

23-**mavzu**

Moddiy nuqta va mexanik tizimning kinetik energiyasi. Qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakatlarida kinetik energiyasini hisoblash formulalari. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik energiyasi o‘zgarishi haqidagi teoremaning turli ko‘rinishlari.

17-modul. Dalamber tamoili.

24-**mavzu.**

Moddiy nuqta uchun Dalamber tamoili /nazariyasi/. Inersiya kuchi. Mexanik tizim uchun Dalamber tamoili. Inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Qattiq jism inersiya kuchlarini bir markazga keltirish va uning xususiy hollari. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta va mexanik tizim dinamik reaksiyalarini Dalamber tamoilidan foydalanib aniqlash. Bog‘lanishlar va bog‘lanish tenglamalari. Bog‘lanishlarni klassifikatsiyasi: golonomli va begolonomli, statsionar va nostatsionar, qutila olmaydigan va qutila oladigan bog‘lanishlar.

18-modul.Analitik mexanika elementlari.

25-**mavzu.**

Mexanik tizimning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari. Ideal bog‘lanishlar. Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili bog‘lanish reaksiyalarini aniqlashga tatbiqi.

26-**mavzu.**

Dalamber-Lagranj tamoili. Dinamikaning umumiy tenglamasi.
Tizimning erkinlik darajasi.. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.Umumlashgan kuchlar va ularni hisoblash

27-**mavzu.**

Mexanik tizim harakati differensial tenglamalarning umumlashgan koordinatlarda ifodalanishi. Lagranjning 2-tur tenglamalari. Kinetik potensial. Konservativ tizim uchun Lagranjning 2-tur tenglamalari.

МАЪРУЗАЛАР МАТНИ

1-Mavzu: Kirish.

Statikaning asosiy tushunchalari.

Statikaning asosiy aksiomalari.

Reja: 1.Nnazariy mexanikafani, maqsadi va vazifalari.
2. Statikaning asosiy tushunchalari.
3. Statika aksiomalari.

Tayanch so'zlar va iboralar: Kuch, kuch vektori, kuchning tasir chizig`i, vektorning moduli, absolyut qattiq jism, statika, aksioma, muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasi, kuchlar sistemasi, teng tasir etuvchi kuch, erkin jism.

1.*Nazariy mexanika fani, maqsadi va vazifalari.*

Nazariy mexanikada material jismlarning mexanik harakati va muvozanati organiladi. Nazariy mexanika qadimgi Yunonistonda paydo bo'lgan deb hisoblanadi. Aristotelning "Mexanik muammolar" asari mexanika bo'yicha yozilgan eng qadimgi asardir. Asarning markaziy mavzusi – ***richag.*** Statikaning geometrik yo'nalishi Arximed nomi bilan bog'liqdir. Bu davrdagi kuchli mexaniklardan yana biri iskandariyalik Geron hisoblanadi. Mexanika fanining rivojida Sharqning yetuk olimlari bo'lgan Sobit ibn Qurra, Abu Rayhon Beruniy, Abu Abdulloh Yusuf al-Xorazmiy va Abu Ali ibn Sinolar salmoqli hissa qo'shganlar. Nazariy mexanikada moddiy obyektlar sifatida moddiy nuqta va mexanik sistemalar olinadi.

Tabiatda ro'y beradigan barcha o'zgarishlar va hodisalar ***harakat*** deb ataladi. Materiya harakatining eng sodda turi, jism holatining vaqt o'tishi bilan fazoda bir-birlariga nisbatan qo'zg'alishlaridir. Harakatning bu turi mexanik harakat deb ataladi. Nazariy mexanika moddiy jismlar harakatining umumiy qonunlari haqidagi fandir. Xususan, agar jismning fazodagi holati vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, bu holda jism muvozanat holatida turadi. Muvozanat mexanik harakatning xususiy holidir

Hozirgi zamon "Nazariy mexanika" fanining asosiy qonunlarini 1687-yilda mashhur donishmand olim Isaak Nyuton o'zining «Tabiiy fanlar falsafasining matematik asoslari» nomli asarida bayon qilib bergan. Nazariy mexanika fanining rivojlanishi davomida, undan ko'pgina muhandislik fanlari mustaqil fan bo'lib ajralib chiqdi. Masalan: materiallar qarshiligi, inshootlar nazariyasi, suyuq va gazsimon jismlar mexanikasi, mashina va mexanizmlar nazariyasi va boshqalar. Bu fanlar nazariy mexanika qonunlariga tayangani holda mustaqil fanlar tarzida shakllandi.

"Nazariy mexanika" fani uch qismdan iborat: ***statika, kinematika*** va ***dinamika***.

Jismga ta'sir etuvchi kuchlar turlari, ular ustida amallar, kuchlarning muvozanat shartlarini o'rganuvchi nazariy mexanikaning bo'limi *statika* deb ataladi.

Kinematika jism harakati qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi sababga bog'lamay, faqat geometrik nuqtayi nazardan tekshiradi. Shuning uchun kinematikani to'rt o'lchovli geometriya deb atash mumkin. Bunda uchta fazoviy o'zgaruvchilarga to'rtinchi o'zgaruvchi ***vaqt*** ham qo'shiladi. Dinamika jismlar harakatini bu harakatni vujudga keltiruvchi, o'zgartiruvchi sababga bog'lab tekshiradi.

2.STATIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI

Statikani o'rganish uchun zarur bo'lgan asosiy tushuncha va ta'riflarni keltiramiz.

1. Moddiy nuqta. Ko'rilayotgan masalada geometrik o'lchamlarining ahamiyati bo'lmagan jism ***moddiy nuqta*** deb ataladi.

2. Mexanik sistema. Har birining holati va harakati boshqalarining holati hamda harakatiga bog'liq bo'lgan moddiy nuqtalar to'plami ***mexanik sistema*** deb ataladi.

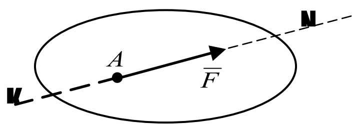
3. Absolut (mutlaq) qattiq va deformatsiyalanuvchi jism. Qattiq jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa har qanday holatda ham o'zgarmasdan qolsa, bunday jism ***mutlaq qattiq jism*** deb ataladi. Ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgaruvchi bo'lgan qattiq jism ***deformatsiyalanuvchi jism*** deb ataladi.

4. Erkin jism. Fazoda ixtiyoriy yonalishda harakatlana oladigan jism ***erkin jism*** deb ataladi. Quyosh sistemasining sayyoralari bunga misol bo'la oladi.

5. Kuch. Moddiy jismlarning harakati yoki ichki holatining o'zgarishiga sabab bo'luvchi, o'zaro bir-birlariga ko'rsatgan ta'sirlarning miqdor o'lchovi ***kuch*** deb ataladi.

Jismga qo'yilgan kuch: **miqdor, yo'nalish va qo'yilish nuqtasi** bilan xarakterlanadi, ya'ni ***kuch vektor kattalikdir***. SI xalqaro birliklar sistemasida kuch birligi – ***Nyuton'***.

Kuch yo'nalishi deb, tinch holatda turgan erkin moddiy nuqtaning qo'yilgan kuch ta'siridan olgan harakatining yo'nalishiga aytiladi. Kuch yo'nalgan to'g'ri chiziq **kuchning ta'sir chizig'i** deb ataladi (1-shakl).



1-shakl

Jismning bevosita kuch qo'yilgan nuqtasi ***kuch qo'yilgan nuqta*** deb ataladi. Kuch yo'naltirilgan kesma orqali grafik tasvirlanadi. Tanlab olingan masshtabda kesma uzunligi kuch miqdorini ifodalaydi.

6. Kuchlar sistemasi. Jismga qo'yilgan bir necha kuchlardan iborat bo'lgan $\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n\right)$ to'plam ***kuchlar sistemasi*** deb ataladi.

7. Ekvivalent kuchlar sistemasi. Agarjismgaqo'yilgan $\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n\right)$ kuchlar sistemasi ta'sirini, uning tinch yoki harakat holatini o'zgartirmay, boshqa kuchlar sistemasi, ya'ni

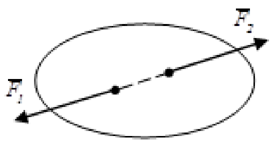
$\left(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, ..., \vec{Q}_n\right)$, bera olsa, unday ikki kuch sistemasi ***ekvivalent kuchlar sistemasi deyilali*** $\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n\right) \Leftrightarrow \left(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, ..., \vec{Q}_n\right)$.

8. Teng ta'sir etuvchi kuch. Berilgan kuchlar sistemasi biror kuchga ekvivalent bo'lsa, bunday kuch ***teng ta'sir etuvchi kuch*** deb ataladi. Shuni nazarda tutish kerakki, kuchlar sistemasining jismga bergan ta'sirini yolg'iz bir kuch bera olsa, bunday kuch mazkur kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisidir $\left(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, ..., \vec{Q}_n\right) \Leftrightarrow \vec{R}$.

9. Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi. Erkin jism unga qo'yilgan kuchlar sistemasi ta'sirida tinch holatda qolsa, bunday kuchlar sistemasi ***muvozanatlashgan kuchlar sistemasi*** yoki ***nolga ekvivalent sistema*** deyiladi. $\left(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, ..., \vec{Q}_n\right) \Leftrightarrow 0$.

3. Statikaning asosiy aksiomalari

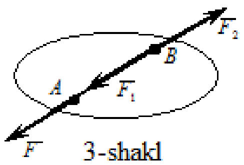
1-aksioma. Erkin qattiq jismga qo'yilgan ikki kuch miqdor jihatdan bir-biriga teng $\left|\overline{F}_1\right| = \left|\overline{F}_2\right|$ va bir chiziq bo'ylab qarama-qarshi tomonga yo'nalgan $\overline{F}_1 = -\overline{F}_2$ bo'lsa, kuchlar sistemasi o'zaro muvozanatlashadi. Bu aksioma oddiy muvozanatlashgan kuchlar sistemasini aniqlaydi (2-shakl).



2-shakl

2-aksioma. Agar jismga ta'sir etayotgan kuchlar sistemasi qatoriga, muvozanatlashgan kuchlar sistemasini qo'shsak yoki undan ayirsak, kuchlar sistemasining jismga ta'siri o'zgarmaydi.

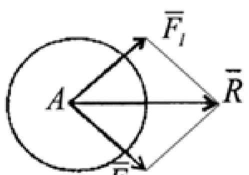
Yuqoridagiikkiaksiomadanquyidagi**natija**kelibchiqadi: Kuchningjismgata'sirinio'zgartirmay, uningqo'yilishnuqtasinita'sirchizig'ibo'ylabjismningixtiyoriynuqtasi gako'chirishimizmumkin.



3-shakl

Kuchningta'sirchizig'ibo'labixtiyoriy*B*nuqtasigamuvozanatlashgankuchlarsistemasini, ya'nitashkiletuvchilarimiqdorjihatidanFgatengbo'lgan $\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2\right) \Leftrightarrow 0$ qo'shamiz (3-shakl)

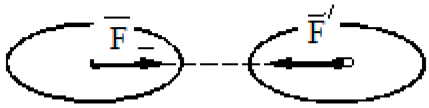
Ikkinchi aksiomaga, asosan, bu kuchlar sistemasining jismga ta'siri o'zgarmaydi. Osonlik bilan ko'rish mumkinki, $\vec{F}$ va $\vec{F}_2$ kuchlar sistemasi muvozanatlashgan kuchlar sistemasini tashkil qiladi. Bu muvozanatlashgan kuchlar sistemasini jismdan olib tashlaymiz. U holda jismning *B* nuqtasiga qo'yilgan $\vec{F}_1 = \vec{F}$ kuchigina qoladi. Demak, kuch o'zining ta'sir chizig'i bo'ylab jismning ixtiyoriy nuqtasiga qo'yilishi mumkin ekan.
O'zining ta'sir chizig'i bo'ylab ixtiyoriy nuqtaga ko'chirish mumkin bo'lgan vektor ***sirpanuvchi vektor*** deb ataladi.



4-shakl

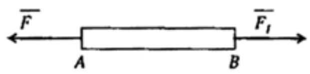
3-aksioma (parallelogramaksiomasi). Jismning biror nuqtasiga turli yo‘nalishda qo‘yilgan ikki kuchning teng ta’sir etuvchisi shu kuchlarga qurilgan parallelogramning ular qo‘yilgan nuqtasigan o‘tuvchi diagonaliga teng bo‘lib, shu diagonal bo‘ylab yonaladi. Bu aksioma, ikki vektorni qo‘shish qonuniyatiga asoslanadi (4-shakl). $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlarning teng ta’sir etuvchisini R bilan belgilab, quyidagini yozish mumkin: $\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2$.

4-aksioma. Ikki jismning bir-biriga ko‘rsatgan ta’sir kuchlari o‘zaro teng va bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi tomonga yo‘naladi.



5-shakl

Ta’sir va aks ta’sir kuchlarini ikkita jismga alohida-alohida qo‘yilganligini osonlik bilan ko‘rish mumkin. Shuning uchun bu ikki kuchni muvozanatlashgan kuchlar sistemasi deb qarab bo‘lmaydi. $\overline{F}' = -\overline{F}$ (5-shakl).



6 -shakl

5-aksioma. Berilgan kuchlar ta’sirida deformatsiyalangan jism muvozanat holatida absolut qattiq jismga aylansa, uning muvozanati o‘zgarmaydi. Bu aksiomaga ***qotish prinsipi*** deyiladi. Aksiomadan ko‘rinadiki, absolut qattiq jismning muvozanat sharti zaruriydir, ammo ko‘p hollarda deformatsiyalanuvchi jismning muvozanati uchun yetarli emas. Masalan AB sterjenning ikki $\vec{F}$ va $\vec{F}_1$ kuchlar ta’sirida muvozanatini ko‘raylik (6-shakl). Bu kuchlar miqdor jihatidan AB to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi yo‘nalgan.

Agar sterjen absolut qattiq bo‘lsa, u holda $\vec{F}$ va $\vec{F}_1$ kuchlarning har qanday miqdorlarida sterjen muvozanatda bo‘ladi. Agar sterjen absolut qattiq bo‘lmasa, kuchlarning miqdori ixtiyoriy bo‘lmaydi, chunki sterjenni uzishi mumkin bo‘lgan kuchlarning chegaraviy qiymatlari mavjuddir.

Takrorlash uchun savollar

1. *Nazariy mexanikanimanio‘rgatadi?*
2. *Statika nimani o‘rgatadi?*
3. *Kinematikanimanio‘rgatadi?*
4. *Dinamika nimani o‘rgatadi?*
5. *Satatikaning asosiy tushunchalari nimalardan iborat?*
6. *Statikaning asosiy aksiyomalari qanday?*

2-mavzu. *BOG‘LANISH VA BOG‘LANISH REAKSIYA KUCHLARI*

Reja:
1.Bog‘lanish va bog‘lanish reaktsiyalari. Bog‘lanishdan boshatishaksiomasi.
2.Bog‘lanish turlari.
.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Kuch, kuch vektori, bog‘lanishlar, bog‘lanishlar reaktsiyasi, bog‘lanishdan boshatish aksiomasi.

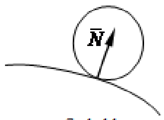
1.Bog‘lanish va bog‘lanish reaktsiyalari.

Jismning holati va harakatini cheklovchi sabab ***bog’lanish*** deb ataladi. Bog‘lanishni jismga bergan ta’sirini ekvivalent kuch bilan almashtirish mumkin, uni ***bog’lanish reaksiyasi*** deb aytiladi. **6-aksioma.** Bbog‘lanishdagi jismni ***erkin jism*** deb qarash uchun jismga ta’sir etayotgan kuchlar sistemasi qatoriga bog‘lanish reaksiya kuchlarini ham qo‘shish kerak.

Bu aksioma ***bog’lanishdan b‘oshatish*** **aksioma*si*** deyiladi. Odatda, bog’lanish reaksiy kuchlarining yonalishi va qiymati noma’lum bo‘lib, ular berilgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlaridan topiladi. Bog‘lanishreaksiya kuchlairini aniqlash statikaning asosiy masalasi bo‘gani uchun, bog‘lansh reaksiya kuchining yo‘nalishini bilish ahamiyatlidir. Bog‘lanishdagi jismlarning harakati qaysi tomonga cheklangan bo‘lsa, reaksiya kuchi shu yo‘nalishga teskari yo‘nalgan bo‘ladi.

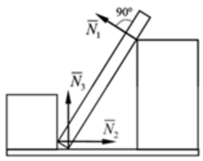
2.Bog‘lanish turlari

1. Silliq sirt. Bunday sirt jismga silliq sirt bilan tegib turgan nuqtasidan sirtga o‘tkazilgan normal yo‘nalishi bo‘ylab harakatiga halaqit beradi. Binobarin, reaksiya kuchi $\overline{N}$ silliq sirt bilan jismning tegib turgan nuqtasidan sirtgao‘tkazilgan normal bo‘ylab yo‘nalgan va shu nuqtaga qo‘yilgan bo‘ladi (7-shakl).



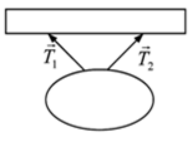
7-shakl

Agar tegib turgan sirtlardan birortasi nuqta bo‘lsa, u holda reaksiya kuchi ikkinchi sirtga o‘tkazilgan normal bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi (8-shakl).



8- shakl

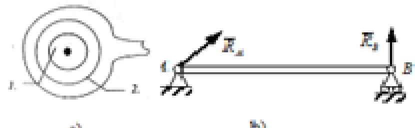
2. Ip (qayish, zanjir, arqon, sim arqon). Agar bog‘lanish cho‘zilmaydigan ipdan iborat bo‘lsa, ip jismning osilish nuqtasidan ip bo‘ylab harakatlanishiga chek qo‘yadi. Ipning taranglik kuchi ip bo‘ylab osilish nuqtasiga tomon yo‘naladi (9-shakl).



9-shakl

3. Silindrik sharnir (zoldirli g‘ildirak-podshipnik).

Bolt 1 va kiygizilgan vtulka 2 dan iborat qo‘zg‘almas silindrik sharnir jism bilan mahkam biriktirilgan vtulkaning ichki diametri bilan barobar (10-a shakl). Jism shakl tekisligiga perpendikular bo‘lgan sharnir o‘qi atrofida aylanishi mumkin. Ammo sharnir o‘qiga perpendikular yo‘nalish bo‘yicha harakatlana olmaydi. Shuning uchun silindrik sharnirda

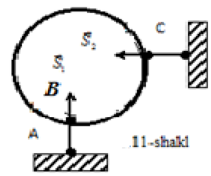


a) 10-shakl b)

reaksiya kuchi, sharnir o‘qiga perpendikular bo‘lgan tekislikda yotib, sharnir o‘qini kesib o‘tadi.

Ko‘pincha texnikada mustahkam va qo‘zg‘aluvchan sharnirli tayanchlar uchraydi. 10-b shaklda *A* mustahkam sharnirli tayanchdir. Bu tayanchda R_A reaksiya kuchi sharnir o‘qidan o‘tib va unga perpendikular tekislikda yotib, ixtiyoriy yo‘nalishda bo‘ladi. *B* tayanch sharnirli qo‘zg‘aluvchan tayanchdir. Bunda R_B reaksiya kuchi qo‘zg‘aluvchan tayanch tiralib turgan tekislikning normali bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi.

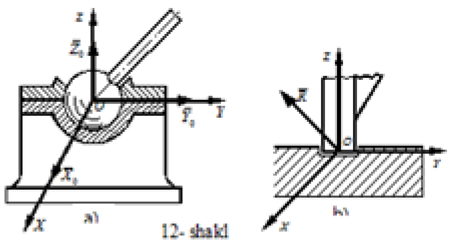
4. Sterjen. Bog‘lanish uchlari sharnirlar bilan biriktirilgan *AB* va *CD* sterjenlar vositasida bajariladi.



Sterjen og‘irliklarini e’tiborga olmay, u sterjenning *A* va *B (C* va *D)* sharnirlariga qo‘yilgan ikki kuch ta’sirida muvozanatda bo‘ladi. Binobarin reaksiya kuchlari sterjenlarning uchlaridagi, sharnirlardan o‘tuvchi o‘qlar bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi (11-shakl).

5. Zoldirli sharnir va tagtovon (podpyatnik). Bu holda jism har qanday harakat qilishi mumkin, faqat sferik sharnirning markazi qo‘zg‘almas bo‘lib qoladi (12- a shakl).

Xuddi shunday bog‘lanishni siqib tiralib turgan podshipnik (zoldirli g‘ildirak) vositasida bajarilganligini ko‘rish mumkin, odatda bu ***tagtovon*** deyiladi (12-b shakl). Fotoapparatlarning shtatividagi zoldirli tutqich, inson va hayvonlarning ko‘pgina suyaklarining birlashgan joylari zoldirli sharnirga misol bo‘la oladi. Zoldirli (sferik) sharnir va tagtovonlarda bog‘lanish reaksiya kuchlarining yo‘nalishi fazoda ixtiyoriy yo‘nalishni olishi mumkin.



Statika qismida quyidagi **ikki masala** hal qilinadi:

1. Jismda ta’sir qilayotgan kuchlar sistemasi unga ekvivalent bo‘lgan soddaroq kuchlar sistemasi bilan almashtiriladi.

2.Kuchlar sistemasi ta’siridagi mytloq qattiq jismning muvozanat shartlarining zarur va yetarliligi tekshiriladi. Muvozanat tenglamalaridan no‘malum reaksiya kuchlari aniqlanadi.

3-mavzu. KESISHUVCHI KUCHLAR SISTEMASI

Reja: 1.Kesishuvchi kuchlar sistemasi tarifi.

2. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik usulda qo'shish,

3.Teng ta'sir etuvchini analitik usulda aniqlash (Kuchning o'qdagi va tekislikdagi proyeksiyasi.Teng ta'sir etuvchini analitik usulda aniqlash).

4.Kesishuvchi kuchlar sistemasining geometrik va analitik muvozanat shartlari.

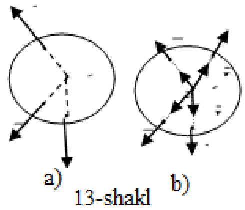
5.Uch kuch muvozanati haqidgi teorema.

Tayanch so'zlar va iboralar:

Kuch, kuch vektori,* proyeksiya, ta'sir chiziqi, *kuch ko'pburchagini

1.Kesishuvchi kuchlar sistemasi tarifi.

Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi ***kesishuvchi kuchlar sistemasi*** deb aytiladi 13a-shakl).

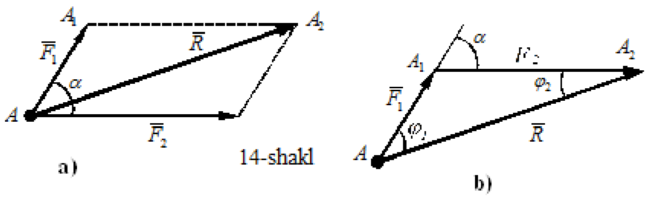


13-shakl

Ularni ta'sir chiziqlari bo'ylab *O* nuqtaga ko'chirish mumkin bo'lganligi tufayli, kesishuvchi kuchlar sistemasi bir nuqtaga qo'yilgan kuchlar sistemasi bilan almashtiriladi (13- *b* shakl).

2. Kesishuvchi kuchlar sistemasi teng ta'sir etuvchisini geometrik usulda aniqlash

Avvalambor shuni ta'kidlash kerakki, parallelogramm aksiomasiga asosan, biror *A* nuqtaga qo'yilgan ikki kuchning teng ta'sir etuvchisi ularga qurilgan parallelogramm diagonaliga yoki parallelogrammning yarmini tashkil etuvchi kuch uchburchagining AA_2 tomoniga teng



14-shakl

(14-*b* shakl). Bu holda $\overline{R}$ vektor ikki $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ vektorlarning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni $\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2$.

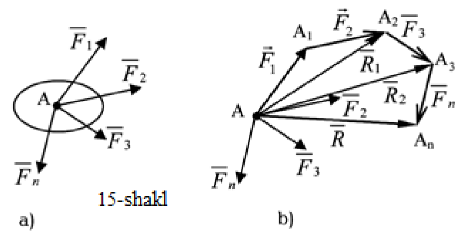
Teng ta'sir etuvchi $\overline{R}$ ni $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlarning yo'nalishlari bilan tashkil qilgan burchaklari φ_1 va φ_2 larni hamda uning miqdorini sinuslar va kosinuslar teoremalaridan foydalanib ΔAA_1A_2 dan aniqlanadi:

$$\frac{F_1}{\sin\varphi_2} = \frac{F_2}{\sin\varphi_1} = \frac{R}{\sin\alpha}, \quad (\sin(180^0 - \alpha) = \sin\alpha) \qquad (1)$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha} \qquad (2)$$

bunda, $\alpha -$ $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlarning yo'nalishlari orasidagi burchak.

Faraz qilaylik, A nuqtada kesishuvchi $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \ldots, \bar{F}_n$ kuchlarning sistemasi berilgan bo‘lisin. Birinchi ikki aksiomaning natijasidan foydalanib, bu kuchlar sistemasini A nuqtaga qo‘yilgan kuchlar sistemasi bilan almashtiramiz. Endi quyidagini qurishni bajaramiz $\bar{F}_1$ kuchining oxiri A_1 dan $\bar{F}_2$ kuch vektoriga teng bo‘lgan $\overline{A_1A_2}$ vektorni o‘tkazamiz, uning oxiridan vektor $\overline{A_2A_3} = \bar{F}_3$, uning oxiridan vektor $\overline{A_3A_n} = \bar{F}_n$ va hokazo. Hamma kuchlarni qo‘ygandan keyin, birinchi kuchning boshi A dan oxirgi kuchining oxiri A_n ga $\overline{AA_n}$ kuch vektorini o‘tkazamiz. A_1A_2, ..., A_n ko‘pburchakni quramiz, u ***kuch ko‘pburchagi*** deb ataladi. Kuch ko‘pburchagida vektorlar oqimiga qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘lgan $\overline{AA_n}$ vektorga ***kuch ko‘pburchagini yopuvchi tomon*** deyiladi. Kuch ko‘pburchagida shtrixlangan vektor yordamida bo‘lingan uchburchaklarni qaraymiz (15-*b* shakl). Kuch uchburchagini qurish usuliga, asosan, $\bar{F}_1$ va $\bar{F}_2$ kuchlarning teng ta’sir etuvchisi $\bar{R}_1$, $\overline{AA_2}$ vektor vositasida tasvirlanadi, ya’ni $\bar{R}_1 = \bar{F}_1 + \bar{F}_2$. $\overline{AA_3}$ vektor, $\overline{AA_2}$ va $\bar{F}_3$ kuchlarining teng ta’sir etuvchisi $\bar{R}_2$ ni tasvirlaydi, binobarin, uchta $\bar{F}_1, \bar{F}_2$ va $\bar{F}_3$ kuchlarining teng ta’sir etuvchisidir. Ya’ni, $\bar{R}_2 = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3$ va hokazo. Hamma uchburchaklarni ko‘rib chiqib, quyidagi xulosaga kelamiz. Kuch ko‘pburchagini yopuvchi $\overline{AA_n}$ tomoni n ta kuchning teng ta’sir etuvchisini tasvirlaydi, ya’ni



15-shakl

$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_1 + \ldots + \bar{F}_n = \sum \bar{F}_k \qquad (3)$$

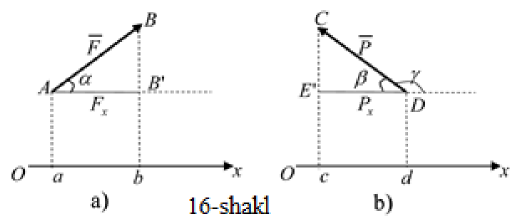
Shunday qilib, $\bar{R}$ - kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi, buberilgan kuchlardan qurilgan kuch ko‘pburchagining yopuvchi tomoni sifatida geometrik aniqlanar ekan.

Demak, teng ta’sir etuvchi bu kuchlarning geometrik yig‘indisiga teng.

3. Kesishuvchi kuchlar sistemasi teng ta’sir etuvchisini analitik usulda aniqlash

a. Kuchning o‘qdagi va tekislikdagi proyeksiyasi

Kuchning boshi hamda oxirini biror o‘qdagi proyeksiyalari orasiga joylashgan, tegishli ishora bilan olingan, kesma uzunligiga teng bo‘lgan skalyar miqdorga ***kuchning o‘qdagi proyeksiyasi*** deb ataladi (16-shakl).



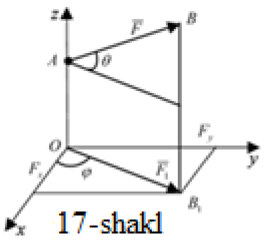
16-shakl

Kuchning o‘qdagi proyeksiyasi musbat deb qabul qilinadi, agar proyeksiya boshlanish nuqtasidan oxirga qarab ko‘chishi o‘qning musbat yo‘nalishi bilan hamohang bo‘lsa (16-*a* shakl) va manfiy, agar qarama-qarshi bo‘lsa (16-*b* shakl).

$$F_x = ab = AB' = F\,cos\,\alpha\ ,$$

$$P_x = -dc = -DE' = -P\cos\beta = P\cos\gamma\ .$$

Demak, kuchning o‘qdagi proyeksiyasi, kuch miqdori bilan kuchning o‘qning musbat yo‘nalishi bilan tashkil qilgan burchak kosinusining ko‘paytmasiga tengdir.



17-shakl

Berilgan $\overline{F}$ kuchning tekislikdagi proyeksiyasi deb (17-shaklda *Oxy* tekisligi), $\overline{F}$ kuchning boshi va oxirini shu tekislikdagi proyeksiyalari orasidagi $\overline{F_1} = \overline{OB_1}$ vektorga aytiladi.

Kuchning tekislikdagi proyeksiyasi vektor kattalikdir. Uning miqdori quyidagiga teng: $F_1 = F\cos\theta$. Kuch bilan bir tekislikda yotmagan o‘qdagi proyeksiyasini aniqlash uchun avvalo kuchni o‘q yotgan tekislikka proyeksiyalab, proyeksiyani shu o‘qqa

proyeksiyalash kerak (ikki qaytalab proyeksiyalash usuli) masalan, shaklda

ko‘rsatilgan hol uchun quyidagilarni topamiz:

$$F_x = F_1\cos\varphi = F\cos\theta\cos\varphi$$
$$F_y = F_1\sin\varphi = F\cos\theta\sin\varphi$$

(4)

b.Teng ta’sir etuvchini analitik usulda aniqlash

Geometriyadan ma’lumki, vektorlar yig‘indisining biror o‘qdagi proyeksiyasi tashkil etuvchi vektorlarning shu o‘qdagi proyeksiyalarining algebraik yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Shunga, asosan, (3) dan quyidagini topamiz $R_x = \sum_{k=1}^{n} F_{kx}\ ;\ \ R_y = \sum_{k=1}^{n} F_{ky}\ ;\ \ R_z = \sum_{k=1}^{n} F_{kz}$

(5)

teng ta’sir etuvchining proyeksiyalari R_x, R_y, R_z (5) formula yordamida aniqlanadi, teng ta’sir etuvchining miqdori va yo‘nalishlari quidagi formulalardan aniqlanadi:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}\ ,\qquad \cos(\widehat{\overline{R},ox}) = \frac{R_x}{R};\quad \cos(\widehat{\overline{R},oy}) = \frac{R_y}{R};\quad \cos(\widehat{\overline{R},oz}) = \frac{R_z}{R} \qquad (6)$$

4.**Kesishuvchi kuchlar sistemasining geometrik va analitik muvozanat shartlari**

1. Muvozanatning geometrik sharti. Ma’lumki, kesishuvchi kuchlarga qurilgan kuch ko‘pburchagi yopiq bo‘lganda, faqat shu holdagina $\overline{R}$ *=0* bo‘ladi. Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun bu kuchlarninggeometrik yig’indisi nolga teng bo‘lishi (kuch ko‘pburchagining yopiq bo‘lishi) zarur va yetarlidir.

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{F_k} = 0 \qquad (7)$$

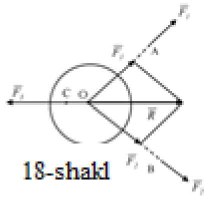
2. *Muvozanatning analitik sharti.* Agar $R=0$ bo‘lsa, u holda $R_x=0,\ R_y=0,\ R_z=0$ u holda (5) ga asosan quyidagini olamiz:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0\,,\ \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0\,,\ \sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0 \qquad (8)$$

5.Uch kuch muvozanati haqida teorema

Teorema.

Bir tekislikda yotuvchi o‘zaro parallel bo‘lmagan uchta kuch ta’siridan jism muvozanatda bo‘lsa, bu kuchlarning ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishadi (18-shakl).



18-shakl

Isbot.

Kuchlar sistemasi bir tekislikda yotuvchi parallel bo‘lmaganligi uchun ulardan ixtiyoriy ikkitasi, masalan, $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlarning ta’sir chiziqlari biror O nuqtada kesishadi. $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlarni ta’sir chiziqlari bo‘ylab O nuqtaga

bitta O nuqtaga qo‘yilgan $\overline{R}$ kuch bilan almashtiramiz. Natijada ikkita o‘zaro muvozanatlashuvchi $\overline{F}_3$ va $\overline{R}$ kuchlarni olamiz. $\left(\overline{F}\right) \Leftrightarrow \left(\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_3\right) \Leftrightarrow \left(\overline{R}, \overline{F}_3\right) \Leftrightarrow 0$

Statikaning birinchi aksiomasiga asosan $\overline{F}_3$ va $\overline{R}$ kuchlari bitta umumiy ta’sir chiziqqa ega. Demak, kuchlar bitta nuqtada kesishadi. Teorema isbotlandi

Takrorlash uchun savollar

1. *Kesishuvchi kuchlar sistemasi qanday kuchlardan tashkil topgan?*
2. *Kuch ko‘pburchagi deb qanday ko‘pburchakka aytiladi?*
3. *Kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi geomitrik usulda qanday aniqlanadi?*
4. *Kuchni qanday tashkil etuvchilarga ajratish mumkin?*
5. *Kuchning o‘qdagi proyeksiyasi qanday aniqlanadi?*
6. *Kuchning tekislikdagi proyeksiyasi qanday hisoblanadi va u qanday kattalik?*
7. *Teng ta’sir etuvchini analitik usulda qanday aniqlanadi?*
8. *Kesishuvchi kuchlar sistemasi geometrik muvozanat sharti qanday?*
9. *Kesishuvchi kuchlar sistemasi analitik muvozanat sharti qanday?*
10. *Uch kuch muvozanati haqidagi teoremani isbotlang.*

4-mavzu.NUQTAGA VA O‘QQA NISBATAN KUCH MOMETNTI JUFT KUCHLAR NAZARIYASI

Reja *1.Nuqtaga nisbatan kuch momenti va uning hossalari.*

2.Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektoi.

3.Kuchning o‘qqa nisbatan momenti va uning hossalari.

4. Kuchning o‘qqa va shu o‘qdagi nuqtaga nisbatan momentlari orasidagi munosabat.

5.Juft kuch haqida tushuncha. Juft kuch momenti..

6. uft momentining vektorligi

7..Juftning ekvivalentligi

8.Juft kuchni ta’sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish

*9.Tekislikda yotuvchi juftlarni qo‘shish**6.***

10.Kesishuvchi tekisliklarda joylashgan juftlarni qo‘shish

11.Juftlarning muvozanat sharti

Tayanch so‘zlar va iboralar:

Kuch elkasi, moment, moment vektori. Juft kuch elkasi, moment, moment vektori. ekvivalentlik

Nuqtaga nisbatan kuch momenti

*1.*Nuqtaga nisbatan kuch momenti va uning hossalari.

Kuchni jismga beradigan burish qobiliyatini xarakterlovchi kattalik nuqtaga nisbatan kuch momentidir.

Ta’rif. *Berilgan $\overline{F}$ kuchdan O nuqtaga nisbatan olingan kuch momenti deb, kuch miqdorini O nuqtadan kuchning ta’sir chizig‘igacha tushirilgan perpendicularkesma uzunligiga*

(masofaga) ko‘paytmaning tegishli ishora bilan olingan miqdoriga aytiladi. Agar kuch jismni *O* nuqta atrofida soat mili yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalishda burishga intilsa, u holda moment musbat deb qabul qilinadi (18-*a* shakl). Agar kuch jismni *O* nuqta artrofida soat mili yo‘nalishi bo‘yicha burishga intilsa, u holda moment manfiy deb qabul qilinadi (19-*b* shakl).

Berilgan $\overline{F}$ kuchdan *O* nuqtaga nisbatan olingan kuch momentini quyidagi ifoda bilan belgilaymiz $m_0(\overline{F})$. U holda

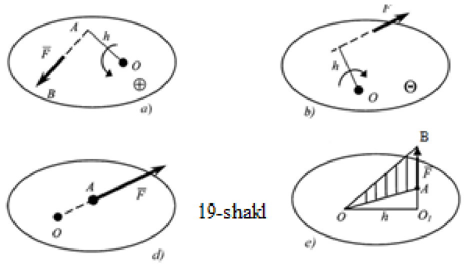
$$m_0(\overline{F})=\pm F h . \tag{9}$$

h ga $\overline{F}$ kuchning O nuqtasiga nisbatan yelkasi deb aytiladi. O nuqta moment markazi deb ataladi.

Kuch momentining xususiyatlari:

1. Kuchni ta’sir chizig‘i bo‘ylab ko‘chirish bilan nuqtaga nisbatan kuch momenti o‘zgarmaydi.

2. Agar kuchning ta’sir chizig‘i O nuqtadan o‘tsa, berilgan $\overline{F}$ kuchining O nuqtaga nisbatan kuch momenti nolga teng bo‘ladi (19-*d* shakl).



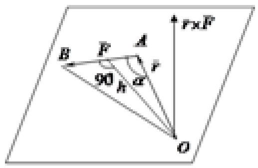
19-shakl

3. Berilgan $\overline{F}$ kuchidan O nuqtaga nisbatan kuch momenti *ΔOAB* yuzining ikkilanganiga teng bo‘ladi

(19-*e* shakl). Ya’ni,

$$S_{\Delta OB} = \frac{1}{2} AB \cdot h; \quad 2S_{\Delta OB} = AB \cdot h \quad \text{bunda} \quad AB \cdot h = M_0(\overline{F}) \qquad (10)$$

Demak, $2S_{\Delta OB} = M_0(\overline{F})$ bu ifoda nuqtaga nisbatan kuch momentining geometrik ma'nosini ifodalaydi.



20-shakl

2.Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori

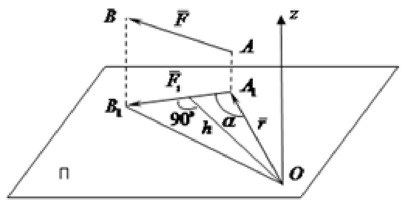
Kuchning nuqtaga nisbatan momenti vektori moment markaziga qo‘yilgan bo‘lib, bu markaz va kuchning ta’sir chizig‘i orqali o‘tgan tekislikka perpendikular yo‘naladi hamda uning uchidan qaraganimizda kuch jismni soat milining aylanishiga teskari yo‘nalishda aylantirishga intiladi (20-shakl). $\overline{F}$ kuchning O nuqtaga nisbatan momenti vektorini aniqlash uchun kuch qo‘yilgan A nuqtaning O markazga nisbatan radius-vektori $\bar{r}$ ning shu kuch vektoriga vektorli ko‘paytmasiga teng..

$$\overline{M}_0(\overline{F}) = \bar{r} \times \overline{F}. \qquad (11)$$

3.Kuchning o‘qqa nisbatan momenti

Ta’rif. $\overline{F}$ kuchining Oz o‘qiga nisbatan kuch momenti deb, $\overline{F}$ kuchning o‘qqa perpendikular bo‘lgan tekislikdagi $\overline{F}_1$ proyeksiyasining o‘q bilan tekislik kesishgan O nuqtasiga nisbatan olingan kuch momentiga aytiladi (21-shakl.), ya’ni

$$m_Z(F) = m_0(\overline{F}_1) = \pm F_1 \cdot h \qquad (12)$$



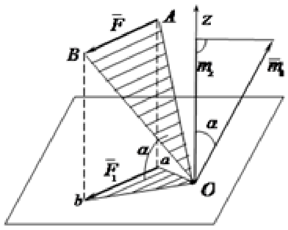
21-shakj

O‘qqa nisbatan kuch momenti musbat deb qabul qilinadi, agar Oz o‘qining oxiridan qaralganda $\overline{F}_1$ proyeksiya tekislikni Oz o‘qi atrofida soat mili yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalishda aylantirishga intilsa.

4.Kuchning o'qqa va shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momentlari orasidagi munosabat

O'*qqa nisbatan kuch momenti, kuchning shu o'qda yotuvchi nuqtaga nisbatan moment* $\overline{m}_0$ *vektorining shu o'qdagi proyeksiyasiga teng bo'ladi.*

$\overline{F}_1$ kuchi $\overline{F}$ berilgan kuchning, *Oz* o'qqa perpendikular bo'lgan tekislikdagi proyeksiyasi. $\overline{F}$ kuchini *O* nuqtaga nisbatan kuch momenti *OAB* uchburchak yuzining ikkilanganiga teng, bu kuchning *Oz* o'qiga nisbatan momenti esa *OAB* uchburchak yuzining ikkilanganiga teng, ya'ni



22-shakl

$$m_0(\overline{F}) = 2S_{\Delta OAB}, \quad m_z(\overline{F}) = 2S_{\Delta oab}.$$

Uchburchak *oab*, *OAB* uchburchakning *Oz* o'qiga perpendikular bo'lgan *P* tekislikdagi proyeksiyasidir (22-shakl).

Shuning uchun $S_{\Delta oab} = S_{\Delta OAB} \cdot \cos\alpha$

bunda α - *OAB* va *oab* uchburchaklar orasidagi burchakdir. Bu holda

$$m_z(\overline{F}) = 2 \cdot S_{\Delta OAB} \cdot \cos\alpha \text{ yoki } m_z(\overline{F}) = m_0(\overline{F}) \cdot \cos\alpha \qquad (13)$$

$\overline{m}_0(\overline{F})$ -vektor uchburchak yuzi $S_{\Delta OAB}$ ga perpendikular yo'nalgan bo'ladi (22-shakl). Ma'lumki, tekisliklar orasidagi burchak ularga o'tkazilgan perpendikularlar orasidagi burchakka teng bo'ladi. Shuning uchun $\overline{m}_0(\overline{F})$ va *Oz* o'qi orasidagi burchak α ga teng bo'ladi. Shuning uchun $\overline{m}_0(\overline{F})\cos\alpha$ miqdor $\overline{m}_0$ vektorning *Oz* o'qidagi proyeksiyasidir.

$$m_z(\overline{F}) = m_0(\overline{F})$$

O'qqa nisbatan kuch momenti quyidagi ikki holda nolga teng bo'ladi:

1. Agar F_1=0, ya'ni kuchning ta'sir chizig'i o'qqa parallel bo'lsa,
2. Agar *h*=0, ya'ni kuchning ta'sir chizig'i o'qni kesib o'tsa.

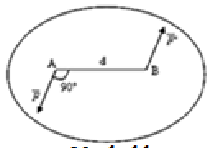
Takrorlash uchun savollar

*1.*Kuchning nuqtaga nisbatan momenti deb nimaga aytiladi?

2. Kuchning elkasi deb nimaga aytiladi?

3. Qaysi hollarda kuchning nuqtaga nisbatan momenti nolga teng bo`ladi?

4. *Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori*



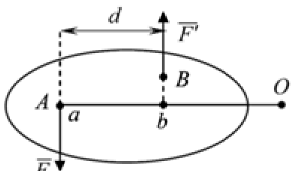
23-shakl

5Kuchning o'qqa nisbatan momenti debnimaga aytiladi?

6.Qaysi hollarda kuchning o`qqa nisbatan momenti nolga teng bo`ladi?

1.Juft kuch va uning momenti

Miqdorlari teng, o'zaro ma'lum oraliqda parallel va qarama-qarshi yo'nalgan ikki kuchdan iborat sistema ***juft kuch*** deb ataladi



24-shakl

(23-shakl). Juft kuch yotgan tekislik ***juftning ta'sir tekisligi*** deb ataladi. Juft kuch tashkil etuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofa d juft yelkasi deb ataladi. Juft kuch jismni juft tekisligiga perpendikular o'q atrofida burishga intiladi. Juft kuch teng ta'sir etuvchiga ega bo'lmaydi. Juft kuch muvozanatlashishi uchun kuchning qarama-qarshi yo'nalishda buradigan juft qo'yish kerak. Juft kuch jismni juft tekisligida aylantirishga intiladi. Juftning jismga ta'siri uning momenti bilan baholanadi.

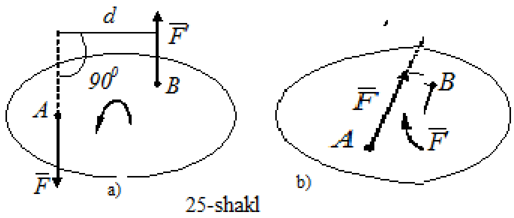
Juft kuch tashkil etuvchi kuchlardan juft kuch tekisligida yotuvchi biror O markazga nisbatan olingan momentlarining yig'indisini hisoblaymiz (24-shakl):

$$m_0(\overline{F})+m_0(\overline{F'})=F\cdot oa-F'\cdot ob$$

$m(\overline{F},\overline{F'})=m$, u holda $m=\pm Fd$ (14)

$F=F'$ va oa-ob=d bo'lganligi uchun $\overline{m}_0(\overline{F})+\overline{m}_0(\overline{F'})=F\cdot d$

Bu yerdan ko'rinadiki, juft tashkil etuvchi kuchlarning momentlarining yig'indisi moment markaziga bog'liq bo'lmay har doim juft tashkil etuvchi kuchlarning birining miqdori bilan yelkasining ko'paytmasiga teng. Bu miqdor juft momenti deb qabul qilinadi. Demak, juft momenti

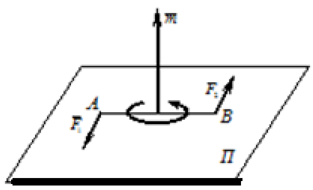


25-shakl

skalyar miqdor bo'lib, tashkil etuvchi kuchlar birining miqdori bilan juft yelkasiga ko'paytmasiga aytiladi. Agar juft kuch jismni soat mili yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda aylantirishga intilsa, juft momenti musbat deb qabul qilinadi(25-shakl.a). Agar juft kuch jismni soat mili yo'nalishida burashga intilsa, juft kuch momenti manfiy deb qabul qilinadi (25-shakl.b) .

Juft kuch momenti, juft tashkil etuvchi kuchlardan birining ikkinchi kuchning qo'yilish nuqtasiga nisbatan olingan kuch momentiga tengligi

$$m=m_B(\overline{F})=m_A(\overline{F'}) \qquad (15)$$



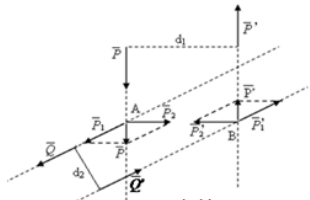
26-shakl

2.Juft momentining vektorligi.

$(\overline{F}_1,\overline{F}_2)$ juft kuch berilgan, Π uning ta'sir tekisligi (26-shakl). Juft momentini vektor shaklida tasvirlaymiz. Ma'lumki, juftning ta'siri, juft tekisligining fazodagi holatiga bog'liq. Tekislikning fazodagi holati unga o'tkazilgan perpendikular orqali aniqlanadi, u holda $(\overline{F}_1,\overline{F}_2)$ tekisligiga perpendikular bo'ladi. U shunday tomonga yo'nalganki, uning oxiridan qaralganda juft ta'sir tekisligini soat mili yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga aylantirishga intiladi. Moment vektori $\overline{m}$ juft ta'sir tekisligining ixtiyoriy nuqtasiga qo'yilgan bo'lishi mumkin,

3. Juftning ekvivalentligi

Ta’rif. Juftning jismga beradigan ta’sirini o‘zgartirmay boshqa juft bilan almashtirish mumkin bo‘lsa, bunday ikki juft ***o‘zaro ekvivalent juftlar*** deb ataladi. Quyidagi teorema juftlar ekvivalentligining sharti bo‘la oladi.


27-shakl

Teorema. Bir tekislikda joylashgan momentlari o‘zaro teng va burilish yo‘nalishlari bir xil bo‘lgan ikki juft o‘zaro ekvivalent bo‘ladi.

Isbot: Aytaylik, momenti o‘zaro teng, bir xil burilishga ega bo‘lgan bir tekislikda joylashgan

($\overline{P}, \overline{P}'$) va ($\overline{Q}, \overline{Q}'$) (27-shakl) juftlar berilgan bo‘lsin ya’ni

$$P \cdot d_1 = Q \cdot d_2 \tag{16}$$

Juftlarni tashkil etuvchi kuchlarning ta’sir chiziqlarini ular A va B nuqtalarda kesishguncha davom ettiramiz. Kuchlar P va P ni A va B nuqtalarga keltirib mos ravishda $\overline{P}_1, \overline{P}_2$ va $\overline{P}_1', \overline{P}_2'$ tashkil etuvchilarga ajratamiz. Osonlikcha $\overline{P}_2, \overline{P}_2'$ lar miqdor jihatidan tengligini, yo‘nalish jihatidan bir chiziq bo‘ylab qarama-qarshi yo‘nalib, o‘zaro muvozanatlashganligini ko‘rish mumkin. Ikkinchi aksiomaga, asosan, bu kuchlar sistemasini e’tiborga olmasak ham bo‘ladi. Miqdorlari o‘zaro teng bo‘lib, juft tashkil etuvchi P_1 va P_1’ kuchlar qoldi. Bu ($\overline{P}, \overline{P}'$) juftga ekvivalentdir. Bu yerda ($\overline{P}, \overline{P}'$) juftning jismga ta’sirini o‘zgartirmay, ularning tashkil etuvchi kuchlari ustida amal bajariladi. Bu ikki ($\overline{P}, \overline{P}'$) va ($\overline{P}_1, \overline{P}_1'$); juftlarning momentlari o‘zaro tengligini osonlikcha ko‘rsatish mumkin. Teng ta’sir etuvchining momenti haqidagi Varin’on teoremasiga asosan:

$$m(\vec{P}, \vec{P}') = m_B(\vec{P}_1) + m_B(\vec{P}_2) \tag{17}$$

$$m_B(\overline{P}_2) = 0, \text{ hamda } m_B(\overline{P}_1) = m(\overline{P}_1, \overline{P}_1')$$

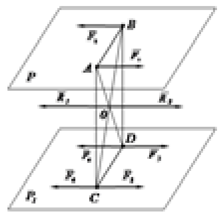
$$m_B(\vec{P}, \vec{P}') = m(P_1, P_1'), \text{ ya’ni } P \cdot d_1 = P_1 \cdot d_2$$

Ikkinchi tomondan teorema shartiga asosan $P \cdot d_1 = Q \cdot d_2$, binobarin, bundan quyidagi kelib chiqadi $P_1 = Q$ va $P_1 = Q_1$. Modomiki, juft ($\overline{Q}, \overline{Q}$) juft ($\overline{P}, \overline{P}$) ga ekvivalent ekan, u holda juft ($\overline{P}_1, \overline{P}_1$) ga ham ekvivalent bo‘ladi. Shuni isbot qilish talab etilgan edi.

Natijalar:

1. Juftni jismga ta’sirini o‘zgartirmay, o‘z ta’sir tekisligida ixtiyoriy holatga keltirish mumkin.
2. Juftni jismga ta’sirini o‘zgartirmay, juft momenti o‘zgarmas qolib, uning tashkil etuvchilari va yelkasini o‘zgartirish mumkin.

4. Juft kuchni ta’sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish


28-shakl

Teorema. Juft kuchni jismga ta’sirini o‘zgartirmay, o‘zining ta’sir tekisligiga parallel bo‘lgan ixtiyoriy tekislikka ko‘chirish mumkin.

Isbot. Yelkasi d bo‘lgan ($\overline{F}_1, \overline{F}_2$) juft kuchni P tekislikda olamiz. Juft kuchning momenti quyidagiga teng:

$$m = \pm F_1 \cdot d$$

P tekisligiga parallel bo‘lgan P_1 tekislikni o‘tkazamiz va bu tekislikda juftning yelkasi AB ga teng va parallel bo‘lgan CD kesmani olamiz. C va D nuqtalarga o‘zaro muvozanatdagi 2 ta kuchlarni qo‘yamiz. $\overline{F}_3$, $\overline{F}_4$ va $\overline{F}_5$, $\overline{F}_6$, ya’ni ($\overline{F}_3$, $\overline{F}_4$)$\Leftrightarrow$0, ($\overline{F}_5$, $\overline{F}_6$)$\Leftrightarrow$0 (28-shakl).

$\overline{F}_3$, $\overline{F}_4$, $\overline{F}_5$, $\overline{F}_6$ kuchlarni $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlarga teng va parallel qilib olamiz. Bu 4 ta kuchlar sistemasi bilan juftning jismga ta’siri o‘zgarmaydi, shuning uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\left(\overline{F}_1,\ \overline{F}_2\right)\Leftrightarrow\left(\overline{F}_1,\ \overline{F}_2,\ \overline{F}_3,\ \overline{F}_4,\ \overline{F}_5,\ \overline{F}_6\right).$$

AB va *CD* yelka ustiga parallelogramm quramiz va uning *AD* va *BC* diagonallarini o‘tkazamiz $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$, $\overline{F}_4$ va $\overline{F}_5$ kuchlarni o‘zaro qo‘shib, ikkita $\overline{R}_1$ va $\overline{R}_2$ kuchlarni olamiz:

$$\overline{R}_1=\overline{F}_1+\overline{F}_5,\quad \overline{R}_2=\overline{F}_2+\overline{F}_4.$$

$\overline{R}_1$ va $\overline{R}_2$ kuchlar *AD* va *BC* diagonallarning kesishgan *O* nuqtasiga qo‘yilgan. Bu kuchlar o‘zaro teng va bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan. Shuning uchun ($\overline{R}_1$, $\overline{R}_2$)$\Leftrightarrow$0 yoki $\left(\overline{F}_1,\ \overline{F}_2,\ \overline{F}_4,\ \overline{F}_5\right)\Leftrightarrow$0 u holda quyidagini yozishimiz mumkin $\left(\overline{F}_1,\ \overline{F}_2\right)$ $\Leftrightarrow$($\overline{F}_3$, $\overline{F}_6$). ($\overline{F}_3$, $\overline{F}_6$) kuchlar sistemasi $\left(\overline{F}_1,\ \overline{F}_2\right)$ juft kuchga ekvivalent bo‘lgan juft kuchdir.

Talab qilingan teorema isbotlandi. III bobda juft kuchning jismga ta’sirini o‘zgartirmay, uni juft tekisligida ixtiyoriy holatga keltirish mumkinligi ta’kidlangan edi. Shunday qilib isbot qilingan teoremalardan quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

Juft kuchlar ekvivalent bo‘ladi, agar:

1. Ular bir yoki parallel tekisliklarda yotsa.
2. Momentlari miqdor jihatidan teng va bir xil burilishga ega bo‘lsa.

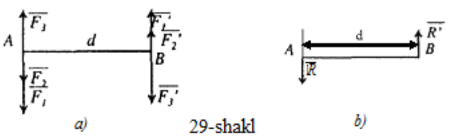
Demak, juft kuchlar o‘zaro ekvivalent bo‘ladi, agar ularning moment vektorlari o‘zaro geometrik teng bo‘lsa. Juftni ta’sir tekisligida va unga parallel bo‘lgan tekisliklarga uning ta’sirini o‘zgartirmay ko‘chirish mumkin. Shuning uchun juft kuch moment vektori erkin vektordir.

3. Tekislikda yotuvchi juftlarni qo‘shish

Teorema.
Tekislikda ixtiyoriy joylashgan juftlarni, momenti berilgan juftlar momentlarining algebraik yig‘indisiga teng bo‘lgan bitta juft bilan almashtirish mumkin(29-*a* shakl).

Isbot. Tekislikda momentlari m_1, m_2, m_3 bo‘lgan 3 ta juft joylashgan.

Juftlarning ta’sir tekisligida ixtiyoriy *AB* kesmani, berilgan juftlar uchun umumiy yelka uchun tanlab olamiz, momentlari m_1, m_2, $m_3$bo‘lgan juftlarni, momentlari berilgan juftlarni momentlariga teng bo‘lgan ($\overline{F}$, $\overline{F}'$), ($\overline{F}_2$, $\overline{F}_2'$), ($\overline{F}_3$, $\overline{F}_3'$) juftlar bilan almashtiramiz, ya’ni $m_1=F_1\cdot d$, $m_2=F_2\cdot d$, $m_3=F_3\cdot d$.


29-shakl

A nuqtaga qo‘yilgan kuchlarni bitta kuch $\overline{R}=\overline{F}_1+\overline{F}_2+\overline{F}_3$ bilan almashtiramiz. *B* nuqtaga qo‘yilgan kuchlarni bitta kuch $\overline{R}'=\overline{F}_1'+\overline{F}_2'+\overline{F}_3'$ bilan almashtiramiz. Boshqacha aytganda ($\overline{R}$, $\overline{R}'$) kuchlar sistemasi berilgan juftlarga teng ta’sir etuvchi juftidir (29-*b* shakl). Teng ta’sir etuvchi juftning momenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$M=R_1d=(F_1+F_2-F_3)d=F_1\cdot d+F_2\cdot d+(-F_3\cdot d)$$

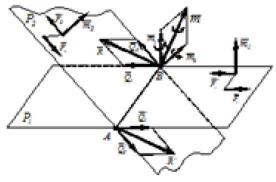
yoki M=m_1+m_2+m_3, teorema isbotlandi. Xuddi shunday ixtiyoriy sondagi juftlar uchun quyidagini yozish mumkin:

$$M=\sum_{k=1}^{n}m_k \qquad (18)$$

6. Kesishuvchi tekisliklarda joylashgan juftlarni qo‘shish

Teorema. Ikkita kesishuvchi tekisliklarda joylashgan juftlar yolg'iz juftga ekvivalent bo'lib, uning momenti berilgan juftlar momentlarining geometrik yig'indisiga teng.

Isbot. Momentlari tegishli $\overline{m}_1$ va $\overline{m}_2$ bo'lgan kesishuvchi tekisliklarda joylashgan 2 ta $\overline{F}_1$, $\overline{F}_1'$ va $\overline{F}_2$, $\overline{F}_2'$ juftlarni olamiz (30-shakl). Tekisliklar kesishish chizig'i AB kesmani umumiy yelka qilib tanlab olamiz. Berilgan juftlar momentlarini o'zgartirmay umumiy AB yelkaga keltiramiz.



30-shakl

Moment vektorlari berilgan juftlarning moment vektorlariga teng bo'lgan yangi ikkita $\left(\overline{Q}_1, \overline{Q}_1'\right)$ va $\left(\overline{Q}_2, \overline{Q}_2'\right)$ juftlarni hosil qilamiz, ya'ni

$$\overline{m}\left(\overline{Q}_1, \overline{Q}_1'\right) = \overline{m}_1; \quad \overline{m}\left(\overline{Q}_2, \overline{Q}_2'\right) = \overline{m}_2$$

$\overline{m}_1$ va $\overline{m}_2$ vektorlarni B nuqtaga qo'yamiz. A va B nuqtalarga qo'yilgan kuchlarni parallelogramm qoidasiga asosan qo'shamiz. Ikkita $\overline{R}$ va $\overline{R}'$ kuchlarni hosil qilamiz, ya'ni

$$\overline{R} = \overline{Q}_1 + \overline{Q}_2, \; \overline{R}' = \overline{Q}_1' + \overline{Q}_2'.$$

Agar $\overline{R} = \overline{R}'$ bo'lsa u holda ($\overline{R}$, $\overline{R}'$) sistema juft kuchni hosil qilib ekvivalent deb ataladi. Ikkita kesishuvchi tekisliklarda joylashgan juftlar sistemasi yolg'iz juftga ekvivalent bo'lar ekan shu juftning moment vektorini aniqlaymiz:

$$\overline{m}\left(\overline{R}, \overline{R}'\right) = \overline{AB} \times \overline{R}. \; \overline{R} = \overline{Q}_1 + \overline{Q}_2, \quad \overline{m} = \overline{AB} \times (\overline{Q}_1 + \overline{Q}_2) = \overline{AB} \times \overline{Q}_1 + \overline{AB} \times \overline{Q}_2.$$

$$\text{yoki } \overline{m} = \overline{m}\left(\overline{Q}_1, \overline{Q}_1'\right) + \overline{m}\left(\overline{Q}_2, \overline{Q}_2'\right).$$

natijada $\overline{m} = \overline{m}_1 + \overline{m}_2$ ekanligi isbotlandi.

Shunday qilib, $\overline{m}$ moment vektorni miqdor va yo'nalishi $\overline{m}_1$ va $\overline{m}_2$ momentlar vektorlarining ustiga qurilgan parallelogramm diagonali orqali aniqlanadi. Umumiy holda fazoda ixtiyoriy joylashgan juft kuchlarni qo'shish natijasida hosil bo'lgan ekvivalent juft kuchlarning momenti berilgan juft kuchlar momentlarining geometrik yig'indisiga teng, ya'ni

$$\overline{m} = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_k \tag{19}$$

7. Juftlarning muvozanat sharti

Bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan juftlar muvozanatda bo'lsin. Hamma juftlarni bitta juft bilan almashtirib, muvozanat mavjud bo'lishi uchun yoki *R=0* yoki *d=0* bo'lishi kerak degan xulosaga kelamiz. U holda $R \cdot d=0$, ya'ni juft momenti *M*=0. Bu yerdan ko'rinadiki, (3.7) formulaga asosan

$$\sum_{k=1}^{n} m_k = 0 \tag{20}$$

Demak, bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan juftlar sistemasi muvozanatda bo'lsa, ular momentlarining algebraik yig'indisi 0 ga teng bo'ladi. Bu xulosaning teskarisi ham o'rinlidir. Ya'ni, bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan juftlar momentlarning algebraik yig'indisi nolga teng bo'lsa, bu juftlar sistemasi muvozanatda bo'ladi. Haqiqatan ham, agar $\sum m_k = 0$ bo'lsa, u holda $M=R \cdot d=0$. Bundan *R=0* yoki *d=0* bo'lishi mumkin. Har ikkala holda ham sistema muvozanatda bo'ladi. Demak (20) tenglik juftlar sistemasi muvozanatining zarur va yetarli shartini ifodalaydi.

Agar ekvivalent juftning momenti nolga teng bo'lsa, u holda juftlar o'zaro muvozanatlashadi:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{m}_k = 0 \tag{21}$$

Shunday qilib, fazoda ixtiyoriy joylashgan juft kuchlar muvozanatlarini quyidagicha ifodalash mumkin: ***fazoda ixtiyoriy joylashgan juftlar sistemasi o'zaro muvozanatda bo'lishi uchun ular momentlarining geometrik yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.***

Takrorlash uchun savollar

1.Juft kuch deb qanday kuchlar sistemasiga aytiladi?
2.Juftning momenti nimaga teng?
3.Juftning elkasi qanday aniqlanadi?
4.Juft kuchlarning teng tasir etuvchisi nimaga teng?

5-mavzu.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir markazga keltirish. Bosh vektor va bosh moment Kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Reja: *1. Kuchni o'ziga parallel ixtiyoriy nuqtaga ko'chirishga oid Puanso teoremasi.*

2. Bosh vektor va bosh moment.

3.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi bosh vektori va bosh momentini analitik aniqlash.

4.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir markazga keltirishning turli holleri.

5. Fazoda ixtiyoriy joyilasgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari.

6.Fazodagi parallel kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

7. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

8 Juft kuchlar sistemasining muvozanat sharti

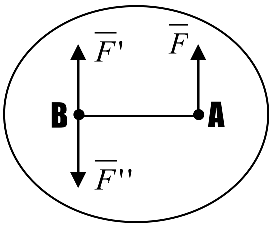
Tayanch so'zlar va iboralar:

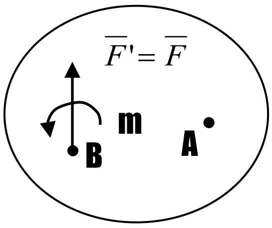
Kuch elkasi, moment, moment vektori. bosh vektor va bosh moment,muvozanat shartlari, Kuch elkasi, moment, moment vektori. bosh vektor va bosh moment, muvozanat shartlari, parallel kuchlar

1.Kuchni o'ziga parallel ixtiyoriy nuqtaga ko'chirishga oid Puanso teoremasi.

Teorema. Absolut qattiq jismning biror nuqtasiga qo'yilgan kuchni jismga ta'sirini o'zgartirmay o'ziga parallel ravishda boshqa ixtiyoriy nuqtaga keltirish natigasida, keltirish markazida momenti berilgan kuchdan keltirish nuqtasiga nisbatan olingan kuch momentiga teng bo'lgan juft qo'shishni taqozo qiladi.

Isbot. Jismning biror A nuqtasiga F kuch qo'yilgan bo'lsin.





31-shakl. 32-shakl.

JismningixtiyoriyBnuqtasigatashkiletuvchilari*F'*va*F''*miqdorjihatidan*F*kuchgatengbo'lganya'ni $F'=F''=F$ nollisistemanikuchgaparallelravishdaqo'yamiz (31-shakl). Hosil bo'lgan uchta kuchdan $(\overline{F},\overline{F}',\overline{F}'')$ iborat bo'lgan sistema berilgan *F* kuchga ekvivalentdir. Bu sistemani *F* kuch va $(\overline{F},\overline{F}'')$ juftdan tashkil topgan deb qarash mumkin. Binobarin *A* nuqtaga qo'yilgan *F* kuchi, *B* nuqtaga qo'yilgan shunday *F'* kuchiga va $(\overline{F},\overline{F}'')$ juftga ekvivalentdir. Juft $(\overline{F},\overline{F}'')$ ni qo'shilgan juft deb ataladi. Uning momentini aniqlaymiz $\overline{\mathrm{m}}(\overline{\mathrm{F}},\overline{\mathrm{F}}'')=\mathrm{F}\cdot\mathrm{d}=\mathrm{m}_{\mathrm{B}}(\overline{\mathrm{F}})$.

Binobarin qo'yilgan juftning momenti *A* nuqtaga qo'yilgan **F** kuchdan, ko'chirish zarur bo'lgan *B* nuqtaga nisbatan momentga teng bo'ladi. Bu teoremaning tafsiloti 31- va 32-shakllarda tasvirlangan.

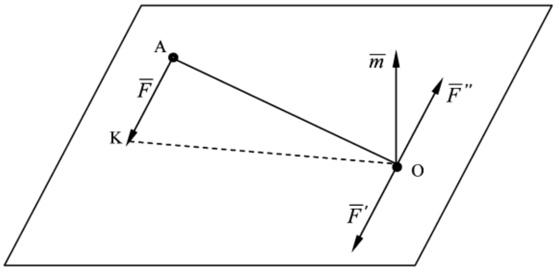
2.Bosh vektor va bosh moment

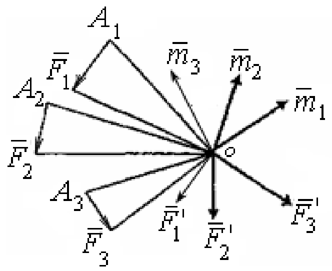
Ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy ravishda joylashgan kuchlardan tashkil topgan sistema ***fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi*** deyiladi.

Puanso teoremasiga asosan, qattiq jismning biror *A* nuqtasiga qo'yilgan $\overline{F}$ kuchi (33-shakl) o'ziga parallel ko'chirilsa,*O* nuqtaga qo'yilgan shunday $\overline{F}'$ kuch va momenti $\overline{m}$ berilgan $\overline{F}$ kuchidan *O* nuqtaga nisbatan olingan kuch momentiga teng bo'lgan $(\overline{F}',\overline{F}'')$ juft kuch hosil boladi. Juftning $\overline{m}$ moment vektori *OAK* tekislikka perpendikular bo'ladi.

Shuning uchun quyidagicha yozish mumkin. $\overline{F}=\overline{F}'$ va juft $(\overline{F},\overline{F}'')$ kuchni berilgan markazga keltirish chog'ida hosil bo'lib qo'shilgan $(\overline{F},\overline{F}'')$ juftni shaklda ko'rsatmay uning *m* momenti vektorini tasvirlash kifoya. Bu natijadan foydalanib, ixtiyoriy joylashgan va qattiq jismning A_1, A_2, A_3 nuqtalariga qo'yilgan uchta $\overline{F}_1$, $\overline{F}_2$, $\overline{F}_3$ kuchlarni berilgan markazga keltiramiz (34-shakl). Buning uchun hamma kuchlarni *O* nuqtaga keltirib qo'shilgan juftlarni olamiz. Natijada *O* markazga qo'yilgan $\overline{F}_1$, $\overline{F}_2$, $\overline{F}_3$ kuchlar sistemasi va momentlari $\overline{m}_1$, $\overline{m}_2$, $\overline{m}_3$ bo'lgan qo'shilgan juft kuchlar sistemasini olamiz. Ma'lumki

$$\overline{m}_1=\overline{m}_0(\overline{F}_1),\ \overline{m}_2=\overline{m}_0(\overline{F}_2),\ \overline{m}_3=\overline{m}_0(\overline{F}_3)$$





33-shakl 34-shakl.

O nuqta qo‘yilgan $\overline{F}_1'$, $\overline{F}_2'$, $\overline{F}_3'$ kuchlarni qo‘shib, ularning geometrik yig‘indisiga teng bo‘lgan $\overline{R}'$ ni olamiz, ya’ni $\overline{R}' = \overline{F}_1' + \overline{F}_2' + \overline{F}_3'$.

Agar $\overline{F}_1' = \overline{F}_1$, $\overline{F}_2' = \overline{F}_2$, $\overline{F}_3' = \overline{F}_3$ bo‘lsa, u holda $\overline{R}' = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \overline{F}_3$ kuchlarning geometrik yig‘indisi ***bosh vektor*** deyiladi. Qo‘shilgan juftlarni yig‘ib teng ta’sir etuvchi juftni hosil qilamiz uning momenti qo‘shilgan juft momentlarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi. Ya’ni,

$$\overline{M}_0 = \overline{m}_1 + \overline{m}_2 + \overline{m}_3$$

agar $\overline{m}_1 = \overline{m}_0(\overline{F}_1)$, $\overline{m}_2 = \overline{m}_0(\overline{F}_2)$, $\overline{m}_3 = \overline{m}_0(\overline{F}_3)$ bo‘lsa,

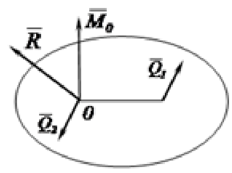
u holda $$M_0 = \overline{m}_0(\overline{F}_1) + \overline{m}_0(\overline{F}_2) + \overline{m}_0(\overline{F}_3)$$

Bunda: $\overline{M}_0$-vektor berilgan kuchlardan O keltirish markaziga nisbatan olingan kuch momentlarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘lib, kuchlar sistemasining keltirish markaziga nisbatan olingan ***bosh momenti*** deyiladi.

Olingan natijadan fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi uchun tatbiq qilib quyidagilarga ega bo‘lamiz:

$$\overline{R} = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k; \quad \overline{M}_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k). \tag{22}$$

hunday qilib, fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini berilgan kuchlarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘lgan va keltirish markaziga qo‘yilgan yolg‘iz kuch va momenti berilgan kuchlardan keltirish markaziga nisbatan olingan kuch momentlarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘lgan qandaydir (Q_1, Q_2) juft bilan almashtirish mumkin (35-shakl) shuni ta’kidlab o‘tamizki, bosh vektor keltirish markaziga bog‘liq bo‘lmaydi, lekin bosh moment esa keltirish markazining tanlab olinishiga bog‘liq bo‘lib, keltirish markazining o‘zgarishi bilan bosh moment ham o‘zgarishi mumkin.



35-shakl

3. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi bosh vektori va bosh momentini analitik aniqlash

To‘g‘ri burchakli koordinata sistemasining boshini keltirish markazi O da olamiz, u holda bosh $\overline{R}$ vektorning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$R_x = \sum_{k=1}^{n} F_{kx}, \quad R_y = \sum_{k=1}^{n} F_{ky}, \quad R_z = \sum_{k=1}^{n} F_{kz} \tag{23}$$

Bosh vektorning moduli quyidagicha

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}. \tag{24}$$

Bosh vektor $\overline{R}$ ning yo‘nalishi, yo‘naltiruvchi kosinuslari

$$\cos(\overline{R},\hat{\ } ox) = \frac{R_x}{R}; \cos(\overline{R},\hat{\ } oy) = \frac{R_y}{R}; \cos(\overline{R},\hat{\ } oz) = \frac{R_z}{R}. \tag{25}$$

Bosh moment M_o ning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$M_{0x} = \sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k\right), \quad M_{0y} = \sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k\right), \quad M_{0z} = \sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{F}_k\right), \tag{26}$$

formula yordamida aniqlanuvchi M_{ox}, M_{0y}, M_{oz} miqdorlar koordinata o‘qlariga nisbatan ***bosh momentlar*** deyiladi. Qandaydir koordinata o‘qiga nisbatan sistema kuchlarining bosh momenti berilgan kuchlardan shu o‘qqa nisbatan olingan momentlar algebraik yig‘indisiga teng ekanligi (5) formuladan yaqqol ko‘rinadi. Bosh momentning miqdor va yo‘nalishi quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

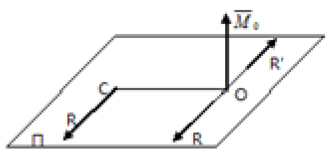
$$M_0 = \sqrt{M_{ox}^2 + M_{oy}^2 + M_{oz}^2}. \tag{27}$$

$$\cos(\overline{M}_0,\hat{\ } ox) = \frac{M_{0x}}{M_0}; \cos(\overline{M}_0,\hat{\ } oy) = \frac{M_{0y}}{M_0}; \cos(\overline{M}_0,\hat{\ } oz) = \frac{M_{0z}}{M_0}. \tag{28}$$

3. Fazoda ixtiyoriy joylashgankuchlar sistemasini bir markazga keltirishning turli hollari

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini berilgan markazga keltirilganda quyidagi hollar sodir bo‘lishi mumkin.

1. $R = 0, M_0 \neq 0$.



36-shakl

Bu holda kuchlar sistemasi momenti keltirish markaziga nisbatan bosh momentga teng bo‘lgan juftga keltiriladi. Juft momenti moment markazining tanlanishiga bog‘liq bo‘lmaganligi uchun bosh moment ham keltirish markazining olinishiga bog‘liq bo‘lmaydi.

2. $R \neq 0, M_0 = 0$ .Bu holda kuchlar sistemasi, ta'sir chizg'i keltirish markazidan o'tuvchi bir teng ta'sir etuvchiga keltiriladi.

3. $R \neq 0, M_0 \neq 0$ va $\overline{M}_0 \perp \overline{R}$. Bu holda fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi, ta'sir chizig'i keltirish markazidan o'tmaydigan bir teng ta'sir etuvchiga keltiriladi. Haqiqatan *R* va M_o fazoda ixtiyoriy joylashgan $(\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_3, \overline{F}_n)$ kuchlar sistemasi bosh vektori va bosh momenti bo'lsin va $M_0 \perp R'$ (36-shakl). Bosh moment M_o ni $R=R''=R'$ bo'lgan *(R, R'')* juft bilan almashtiramiz. Bu juftning biror kuchini *O* nuqtaga qo'yib, *R'* kuchga qarama-qarshi qilib olamiz,

juftning yelkasi quyidagi shartdan aniqlanadi: $$OC = \frac{M_0}{R'} \qquad (29)$$

demak, kuchlar sistemasi, $(\overline{F}_1, \overline{F}_2, ..., \overline{F}_n) \Leftrightarrow (\overline{R}', \overline{R}'', ..., \overline{R})$, biroq sistema bo'lgani uchun $(\overline{F}_1, \overline{F}_2, ..., \overline{F}_n) \Leftrightarrow \overline{R}$ va berilgan kuchlar sistemasiga ekvivalent bo'lib, *C* nuqtaga qo'yiladi, *O* nuqtadan *C* nuqtagacha bo'lgan masofa (29) formula yordamida topiladi.

5. Kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

1) Fazoda ixtiyoriy joyilasgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Agar fazoda *ixtiyoriy joyilasgan* kuchlar sistemasining bosh vektori $\overline{R}$ va bosh momenti $\overline{M}_0$ nolga teng bo'lsa kuchlar sistemasi o'zaro muvozanatlashadi:

$$\overline{R} = 0; \ \overline{M}_0 = 0 \qquad (30)$$

Bundan quidagi teorema kelib chiqadi: Fazoda *ixtiyoriy joyilasgan* kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi ychun bu kuchlarning geometrik yig'indisi va ixtiyoriy markazga nisbatan tashkil etuvchi kuchlar momentlarining geometrik yig'indisi nolga teng bolishi zarur va etarlidir:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k) \qquad (31)$$

Fazodagi kuchlar sistemasi uchun (30) muvozanatning zarur va yetarli shartlaridir. Agar (31) tenglikni koordinata o'qlariga proyeksiyalasak, fazodagi kuchlar sistemasi muvozanat shartlarining analitik ifodasini olamiz:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0$$

$$\sum m_x(\overline{F}_k) = 0; \ \sum m_y(\overline{F}_k) = 0; \ \sum m_z(\overline{F}_k) = 0; \qquad (32)$$

Agar (31) va (32) tengliklarda noma’lum reaksiya kuchlari ishtirok etsa u holda bu tengliklar ***muvozanat tenglamalari*** deyiladi va ulardan noma’lum bog‘lanish reaksiya kuchlari aniqlanadi.

2) Fazodagi parallel kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Berilgan kuchlar sistemasi *Oz* o‘qiga parallel .

U holda bu kuchlar sistemasining har bir F_z kuchi *Ox* va Oy o‘qlaridagi proyeksiyalari va *Oz* o‘qiga nisbatan momentlari *O* ga teng, shuning uchun (32) va (33) tenglamalar sistemasidan faqat quyidagi tenglamalar qoladi:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \ \sum_{k=1}^{n} M_x(\overline{F}_k) = 0; \ \sum_{k=1}^{n} M_y(\overline{F}_k) = 0. \qquad (33)$$

Tenglamalar (14) fazoda parallel kuchlar **sistemasining muvozanat shartlari** deyiladi.

3) Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatlashishi uchun quyidagi shartning bajarilishi zarur va yetarlidir: $\overline{R}' = 0$ va $\overline{M}_0 = 0$

(34)

Bosh vektor $\overline{R}'$ va bosh moment M_0 quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$R' = \sqrt{(\sum_{k=1}^{n} F_{kx})^2 + (\sum_{k=1}^{n} F_{ky})^2}, \quad M_0 = \sum_{k=1}^{n} m_0(\overline{F}_k)$$

1. Muvozanat shartining asosiy ko‘rinishi

Agar $R' = 0$ va $M_0=0$ bo‘lsa, u holda

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0, \ \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0, \ \sum_{k=1}^{n} m_0(\overline{F}_k) = 0 \qquad (35)$$

Ya’ni, tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar muvozanatda bo‘lishi uchun, kuchlarning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarining yig‘indisi, kuchlarning ta’sir tekisligidagi biror nuqtaga nisbatan olingan momentlarning yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir. Bog‘lanishdagi jismlarning muvozanatiga oid masalalar yechishda (36) shartda noma’lum reaksiya kuchlari ishtirok etadi va muvozanat tenglamari deb ataladi.

2. *Muvozanat shartining ikkinchi shakli*

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning ikkita *A* va *B* nuqtalarga nisbatan olingan momentlarining yig‘indisi, hamda *AB* kesmaga perpendikular bo‘lmagan *Ox* o‘qiga proyeksiyalarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{ik} = 0, \quad \sum_{k=1}^{n} m_A(\overline{F}_K), \quad \sum_{k=1}^{n} m_B(\overline{F}_k)\, \alpha \neq 90^0 \qquad (36)$$

3. Muvozanat shartining uchinchi shakli

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning bir to‘g‘ri chiziq ustida yotmagan uchta *A, B* va *C* nuqtalarga nisbatan olingan momentlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir:

$$\sum_{k=1}^{n} m_A(\overline{F}_k)=0,\ \sum_{k=1}^{n} m_B(\overline{F}_k)=0,\ \sum_{k=1}^{n} m_C(\overline{F}_k)=0 \qquad (37)$$

4) Juft kuchlar sistemasining muvozanat sharti

Juft kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun juft kuch momentlarining Dekart koordinata o‘qqlaridagi proeksiyalarining yig‘indilari nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir

$$\sum M_{ix}=0,\quad \sum M_{iy}=0,\quad \sum M_{iz}=0 \qquad (38)$$

Takrorlash uchun savollar

1.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi deb qanday kuchlarga aytiladi?
2.Kuch vektorini o`z o`ziga parallel ko`chirish uchun nima qilish zarur?
3. Bosh vector nima?
4. Bosh moment nima?
5. Qaysi holda bosh vektor teng tasir etuvchi vektor bo`lishi mumkin?
6. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari qandyi?
7. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari qandyi?
8. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlarningi qanday sullari mavjud?
9. Juft kuchlar sistemasining muvozanat shartiqandai?
10. O zo‘qiga parallel kuchlar sistemasining muvozanat sharti qanday?

6-mavzu. ISHQALANISH. OG‘IRLIK MARKAZI

Reja**:* ***1. *Sirpanib ishqalanish***.**

2.*yumalashdagi ishqalanish.*

3.P*arallel kuchlarni qo‘shish, parallel kuchlar markazi.*

4.Jism og‘irlik markazining koordinatalari uchun umumiy formulalar.

5.Og‘irlik markazini aniqlash usullari.

6.Ba‘zi jismlarning og‘irlik markazini.

.

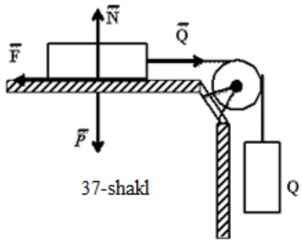
Tayanch so‘zlar va iboralar:

ishqalanish kuchi, ishqalanish koeffitsient,i ishqalanish burchagi, ishqalanish konusi, yumalashdagi ishqalanish,parallel kuchlar,og‘irlik markazini parallel kuchlar,og‘irlik markazini.

.

1.Sirpanib ishqalanish

Bir jism ikkinchi jism sirtida sirpanganda, uning hararatiga qarshilik hosil bo‘ladi, buni ***sirpanib ishqalanish*** deb ataladi. Sirpanishga qarshilik ko‘rsatuvchi kuch ***ishqalanish kuchi*** deb ataladi. Ishqalanish kuchining namoyon bo‘lishi va uning qonuniyatlarini quyidagi tajriba orqali tushuntirish mumkin.


37-shakl

Gorizontal tekislikda yotuvchi $\overline{P}$ og‘irlikdagi jismga gorizontal ip vositasida $\overline{Q}$ yukni qo‘yaylik. Buni blok orqali uzatilgan ip uchiga tosh qo‘yilgan pallachani osish orqali bajarish mumkin (37-shakl).

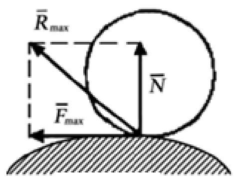
Jismning og‘irligi $\overline{P}$ bilan tekislikning $\overline{N}$ reaksiya kuchi o‘zaro muvozanatlashadi. Gorizontal $\overline{Q}$ kuchning miqdori qanchalik kichik bo‘lmasin, jism harakatlanishi lozim. Biroq harakat $\overline{Q}$ kuch ma’lum bir miqdorga yetgandan keyingina boshlanadi. Bundan ko‘rinadiki, jismlarning tegishib turgan sirtlarida $\overline{N}$ normal reaksiyadan tashqari, $\overline{Q}$ kuch bilan muvozanatlashuvchi $\overline{F}$ kuch paydo bo‘lgan. Shu kuchni ishqalanish kuchi deb ataladi.

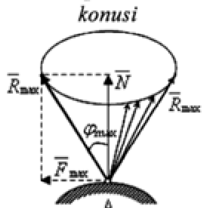
Jismning qo‘zg‘alish oldidan hosil bo‘lgan qarshilik kuchi maksimal ishqalanish kuchi $\overline{F}_{\max}$ dir. Ishqalanish kuchi faqat jismga sirpantiruvchi kuch ta’sir qilgandagina hosil bo‘ladi. Buishqalanish kuch jismni qo‘zg‘atish uchun zarur bo‘lgan kuchga kattalik jihatidan teng va unga qarama-qarshi yo‘naladi.Ishqalanish kuchi noldan qandaydir aniq qiymatgacha ga o‘zgaradi: $0 \le \overline{F} \le \overline{F}_{\max}$ .Ko‘p sonli tajribalargan ko‘rinadiki , maksimal ishqalanish kuchi jismning normal reaksiya kuchiga to‘g‘ri proporsionaldir, ya’ni

$$F_{\max}=fN. \qquad (39)$$

Bu formula Kulon qonuni deb ataladi.Bunda: N-normal rearsiya kuchi,f-proporsionallik koeffitsienti -***ishqalanish koeffitsienti*** deyiladi. (4.1) tenglamadan ko‘rinadiki, ishqalanish koeffitsienti f o‘lchovga ega bo‘lmagan miqdordir.

Ishqalanish koeffitsienti tajribalar yordamida aniqlanadi (masalan: g’isht bilan beton $f = 0.3 \div 0.8$,g’isht bilan yog’och $f = 0.4 \div 0.7$).


38 -shakl



39 -shakl

Ttajribalardan ko‘rinadiki :

1.Ishqalanish kuchi jismlarning ishqalanuvchi sirtlari o‘lchamlariga bog‘liq bo‘lmaydi.

2.Sirpanishdagi ishqalanish kuchi jismlarning materialiga va ular sirtlarining fizik holatlariga (g‘adir-budurligi, namlik, harorat va boshqalarga) bog‘liqbo‘ladi.

3. Jism harakatda bo'lgandagi ishqalanish kuchi(dinamikishqalanishkuchi) tinch turgandagi (statikishqalanishkuchi) ga nisbatan kamroq bo'ladi.

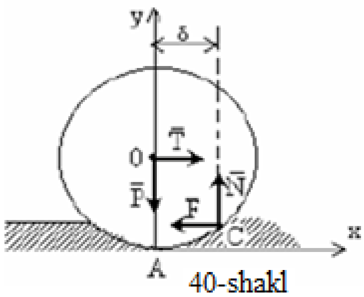
Shunday qilib, bog'lanishning to'liq reaksiyasi $\overline{R}$max normal reaksiya $\overline{N}$ va unga perpendikular bo'lgan ishqalanish kuchi $\overline{F}$ larning yig'indisidan iborat bo'lib, normal bilan qandaydir φ burchak tashkil qiladi.

Ishqalanish kuchi $\overline{F}$ noldan $\overline{F}_{max}$ gacha o'zgarganda, to'liq reaksiya $\overline{N}$ dan $\overline{R}_{max}$ gacha, uning normaldan og'ish burchagi noldan φ_0 gacha o'zgaradi. To'liq reaksiyaning sirtni normali bilan tashkil qilgan burchakning maksimal miqdori φ_0 -***ishqalanish burchagi*** deb ataladi (38-shakl).

Ishqalanish kuchi urinma tekislikda,sirpantiruvchi kuchga bog'liq ravishda, ixtiyoriy yo'nalishni oladi. Bog'lanishning to'liq reaksiyasi $\overline{R}$max yo'nalishining olishi mumkin bo'lgan geometrik o'rni, uchi jismlarning tegishib turgan nuqtasida bo'lgan konus sirtdan iborat bo'ladi. Bu konus sirt ***ishqalanish konusi*** deb ataladi (39-shakl).
U holda jismning muvozanat holatida to'liq reaksiya ishqalanish konusi ichida ixtiyoriy yo'nalishda bo'lishi mumkin. Binobarin, g'adir-budur sirtga tayangan jism muvozanatida unga ta'sir qiluvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi, jismlarning tegishib turgan nuqtasidan o'tib, konus ichida yotadi. Faqat shunday kuchgina tayanch nuqtaning reaksiyasi bilan muvozanatlashadi. Agar teng ta'sir etuvchi ishqalanish konusining tashqarisidan o'tsa, u holda reaksiya u bilan muvozanatlashmaydi va jism sirpana boshlaydi.

2.Yumalashdagi ishqalanish

ir jism ikkinchi jismning sirti bo'ylab yumalasa yoki yumalashga intilganda hosil bo'ladigan qarshilik ***yumalashdagi ishqalanish*** deb ataladi, misol tariqasida og'irligi P bo'lgan salmoqli g'ildirak gorizontal tekislikda turadi, g'ildirakning o'qiga gorizontal $\overline{T}$ kuch qo'yilgan.Bu holda g'ildirakkanormal reaksiya kuchi $\overline{N}$ va ishqalanish kuchi $\overline{F}$ hamda ogirlik kuchi $\overline{P}$ ta'sir ko'rsatadi.G'ildirakning markaziga uncha katta



40-shakl

bolmagan gorizontal $\overline{T}$ kuch ta'sir etsa, g'ildirak muvozanatda qolaveradi.Ishqalanish kuchi miqdor jihatdan $\overline{T}$ ga teng bo'lib, unga qarama-qarshi tomonga qarab yo'naladi. $\overline{T}$ kuch bilan ishqalanish kuchi $\overline{F}$ o'zaro juftni tashkil etadi va g'ildirakni ayilantirishga intiladi. $\overline{P}$ va

$\overline{N}$ lardan tashkil topgan juftg‘ildirakning yumalashiga qarshilik ko‘rsatuvchi juft hosil qiladi. Yumalash $\overline{T}$ kuchining qandaydir qiymatidan boshlanadi.

Bu juft ***yumalashdagi ishqalanish jufti*** deyiladi. Bu juft tekislik va g‘ildirakning ezilishi (deformatsiya) natijasida hosil bo‘ladi, ularning sirtlari*A* nuqta atrofidagi kichik bir yuza bo’ylab tegadi.. Reaksiya kuchi shu yuzacha bo‘ylab taqsimlangan bo‘ladi.

Ezilgan yuzaning har bir nuqtasida hosil bo‘ladigan $\overline{N}$ normal reaksiya kuchilarining teng ta'sir etuvchisi A nuqtaga emas, balki ezilgan yuzaning biror C nuqtasiga qo‘yilgan bo‘ladi.C nuqtada ishqalanish kuchi ham hosil bo‘ladi (40-shakl). Yumalab ishqalanish jufti $\overline{T}$ va $\overline{F}$ ning momenti qandaydir *M*max qiymatgacha o‘zgarishi tajribada tasdiqlangan. $0 \leq M \leq M_{\max}$ .Ko‘pincha tajribalarga suyanib quyidagi xulosaga kelingan:yumalab ishqalanish juft momenti g‘ildirak radiusiga bog‘liq bo‘lmagan normal reaksiya *N* ga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi, ya’ni

$$M_{\max} = \delta \cdot N \qquad (41)$$

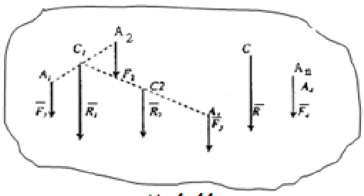
Bunda: δ -yumalab ishqalanish koeffitsienti deyiladi. Yumalab ishqalanish koeffitsienti δ uzunlik birligi bilan o‘lchanadi. U bir-biriga tegib turgan materiallarning fizik xossalariga, ishqanish darajasiga,g‘ildirak radiusiga va normal reaksiya kuchi $\overline{N}$ *ga* bog‘liq ekanligi tajribada aniqlangan. Tajriba shuniko‘rsatadiki, yumalashdagi qarshilik sirpanishdagi qarshilikkanisbatanancha kambo‘ladi. Shuning uchun texnikada, ishqalanish zararli bo‘lgan hollarda, sirpanishni yumalashga almashtiriladi. Masalan, sirpanuvchi podshipniklar o‘rniga sharikli podshipniklar ishlatiladi.

Takrorlash uchun savollar

1. *Sirpanish ishqalanish kuchi deb qanday kuchga aytiladi?*
2. *Ishqalanish kuchi qanday qonunlarga bo‘ysunadi?*
3. *Ishqalanish kuchi nimalarga bog‘liq?*
4. *Ishqalanish kuchining maksimal qiymati qanday hisoblanadi?*
5. *Ishqalanish bo‘lgan holda reaksiya kuchi qanday bo‘ladi?*
6. *Ishqalanish burchagi nima?*
7. *Ishqalanish konusi nima?*
8. *Yumalab ishqalanish nima?*
9. *Yumalab ishqalanish koeffitsienti nima?*
10. *Yumalab ishqalanish jufti momenti qanday hisoblanadi?*

1.Parallel kuchlarni qo‘shish, parallel kuchlar markazi

Bir tekislikda yotmaydigan $\overline{F}_1, \overline{F}_2 ...., \overline{F}_n$ parallel kuchlar sistemasini ko‘ramiz (41-shakl)



41-shakl

Kuchlarni ketma-ket qo‘shamiz va teng ta’sir etuvchisini topamiz. Uning miqdori

$$R = \sum_{k=1}^{n} F_k \tag{42}$$

bo‘lib, qo‘yilish nuqtasi C nuqta quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$x_c = \frac{\sum_{k=1}^{n} F_k \cdot x_k}{\sum_{k=1}^{n} F_k};\ y_c = \frac{\sum_{k=1}^{n} F_k \cdot y_k}{\sum_{k=1}^{n} F_k};\ z_c = \frac{\sum_{k=1}^{n} F_k \cdot z_k}{\sum_{k=1}^{n} F_k}. \tag{43}$$

2.Jism og‘irlik markazining koordinatalari uchun umumiy formulalar

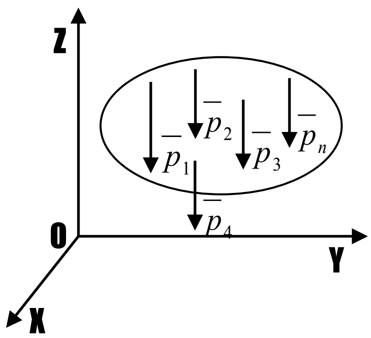
Jismni elementar bo‘lakchalarga bo‘lib, har bir bo‘lakka ularning og‘irlik kuchlarini qo‘yamiz. U holda parallel kuchlar sistemasini hosil qilamiz (42-shakl). Parallel og‘irlik kuchlar sistemasining markazi, jismning og‘irlik markazi bo‘ladi. Jismning og‘irlik markazining koordinatalari (43) formulaga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$x_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k x_k}{\sum_{k=1}^{n} P_k};\quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k y_k}{\sum_{k=1}^{n} P_k};\quad z_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k z_k}{\sum_{k=1}^{n} P_k} \tag{44}$$

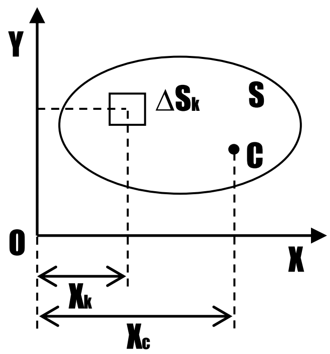
bunda P-jism og‘irligi. Bir jinsli jism uchun

$$P_k = \gamma \Delta V_k;\ P = \gamma V$$

bunda ΔV_k-elementar bo‘lakchaning hajmi, V-jism hajmi, γ-birlik hajmining og‘irligi.



42-shakl



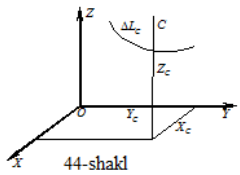
43-shakl

P_k va P larning qiymatlarini (44) formulalarga qo‘yib quyidagilarni olamiz:

$$x_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} x_k \Delta V_k}{V};\quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} y_k \Delta V_k}{V};\quad z_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} z_k \Delta V_k}{V} \tag{45}$$

Agar jism yupqa bir jinsli plastinka bo‘lsa, uning og‘irlik markazi koordinatalari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi (43-shakl):

$$x_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} x_k \Delta S_k}{S}; \quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} y_k \Delta S_k}{S} \qquad (46)$$



44-shakl

bunda ΔS_k -elementar bo‘lakchaning yuzasi S-butun plastinka yuzasi.

Agar jism bir jinsli chiziqdan (44-shakl) iborat bo‘lsa, uning og‘irlik markazining koordinatalari quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$x_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} x_k \Delta L_k}{L}; \quad y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} y_k \Delta L_k}{L}; \quad z_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} z_k \Delta L_k}{L} \qquad (47)$$

3.Og‘irlik markazini aniqlash usullari.

*1.**Simmetrikjismlarning og‘irlik markazi***

Agar bir jinsli jism simmetriya tekisligi, o‘qi yoki markaziga ega bo‘lsa, u holda uning og‘irlik markazi mos ravishda shu tekislikda, o‘q yoki markazda yotadi.

2. Bo‘laklarga ajratish (to‘ldirish) usuli

Agar bir jinsli qattiq jismni og‘irlik markazlari ma’lum bo‘lgan chekli sonli geometrik shakllarga ajratish mumkin bo‘lsa, u holda uning og‘irlik markazining koordinatalari (44), (45), (46) formulalar yordamida aniqlanadi. Agar qattiq jismda teshiklar mavjud bo‘lsa, uning og‘irlik markazini aniqlashda jismni to‘liq deb qaraladi, teshiklar va yetishmovchi yuza yoki hajmga tegishli hadlar manfiy ishoralar bilan olinadi. Bu usulni manfiy yuzalar (hajmlar) usuli deb ataladi.

3.Integrallash usuli

Agar bir jinsli qattiq jismni chekli sondagi sodda geometrik shakllarga ajratishning iloji bo‘lmasa, u holda og‘irlik markazi koordinatalarni (44), (45), (46) formulalar yrdamida aniqlash uchun bu formulalarda bo‘lakchalar soni n cheksizlikka intiladi, ularning o‘lchovlari nolga intiladi. Bu formulalarda limitga o‘tib hajm og‘irlik markazining koordinatalari quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$x_c = \frac{1}{V}\int_{(x)} x dV; \quad y_c = \frac{1}{V}\int_{(y)} y dV; x_c = \frac{1}{V}\int_{(z)} z dV; \qquad (48)$$

Sirt og‘irlik markazining koordinatalari quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$x_c = \frac{1}{S}\int_{(x)} x dS; \quad y_c = \frac{1}{S}\int_{(y)} y dS; \quad z_c = \frac{1}{S}\int_{(z)} z dS;$$

bunda S – sirt yuzasi.

Agar sirt tekis shakl bo‘lsa va Oxy tekislik shu shakl tekisligida olinsa, yuqoridagi formulalar quyidagicha yoziladi:

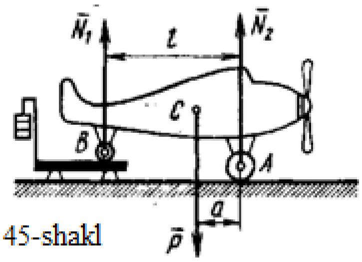
$$x_c = \frac{1}{S}\int_{(x)} xdS; \quad y_c = \frac{1}{S}\int_{(y)} ydS. \tag{49}$$

Ko‘ndalang qirqim yuzalari o‘zgarmas va bir jinsli moddadan iborat chiziqning og‘irlik markazining koordinatalari quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$x_c = \frac{1}{L}\int_{(x)} xdl; \quad y_c = \frac{1}{LS}\int_{(y)} ydl; \quad z_c = \frac{1}{L}\int_{(z)} zdl; \tag{50}$$

4.Tajriba usuli

Murakkab shakldagi bir jinsli jismlarning og‘irlik markazini tajriba usulida aniqlanadi.



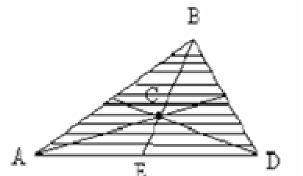
45-shakl

Bu usullardan biri ipga osish usuli: Jismning turli nuqtalaridan ipga osamiz. Ipning yo‘nalishini davom ettirib og‘irlik kuchining ta'siri chizig‘ini o‘tkazamiz. Ushbu chiziqlarning kesishish nuqtasi og‘irlik markazini beradi (45-shakl).

Ikkinchi usul tarozida tortish usuli: jismning A va B nuqtasilarida torozga qo‘yib, jismning berayotgan bosimini aniqlaymiz (45-shakl). S nuqtaga nisbatan moment tenglamasini tuzib, a masofani aniqlaymiz. $N_2 a - N_1(l-a) = 0$

4.Ba‘zi jismlarning og‘irlik markazini

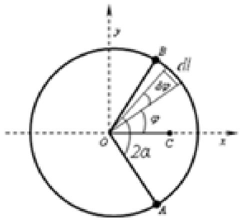
1.**Uchburcha k yuzasining og‘irlik markazi**.



46-shakl

U*chburchakning yuzasini og‘irlik markazi, medianalarning uchrashgan nuqtasida joylashadi* (**46**-shakl). Geometriyadan ma'lumkiCE=BE/3

2.Aylanaqismi (yoyi) og‘irlikmarkaziningkoordinatalarinianiqlang. Markaziy burchagi 2α bo‘lgan R radiusli AB aylana yoyini olamiz (47-shakl). Aylana yoyi simmetriya o‘qiga ega Ox koordinata o‘qidir. Isbot qilingan teoremaga asosan yoyning og‘irlik markazi uning simmetriya o‘qida yotishi kerak, ya’ni y_C=0 koordinata X_C quyidagi formula yordamida aniqlanadi:



47-shakl

$$x_C = \frac{1}{L_1}\int_{(L_1)} xdl \tag{51}$$

og‘irlik markazining abssissasi x bo‘lgan yoydan cheksiz kichik elementar dl bo‘lakchani ajratib olamiz. U holda

$$dl = Rd\varphi, \quad x = R\cos\varphi, \quad L_1 = R\alpha \tag{52}$$

(52) ifodalarni (51) formulaga qo‘yib, φ bo‘yicha integrallab, quyidagini olamiz:

$$X_C = \frac{1}{2R\alpha}\int_{-\alpha}^{\alpha} R^2 \cos\alpha d\varphi = \left(\frac{R}{2\alpha}\cdot\sin\varphi\right)\Big|_{-\alpha}^{\alpha} = \frac{R\sin\alpha}{\alpha}.$$

Demak,
$$X_c = \frac{R\sin\alpha}{\alpha} \tag{53}$$

yarim aylana uchun $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo‘lganda

$$X_c = \frac{2R}{\pi} \approx 0,63r \tag{5 4}$$

3.Doira shaklli sektor yuzaning og‘irlik markazi koordinatlarini aniqlang. Ixtiyorimizda *R* radiusli va markaziy burchagi 2α bo‘lgan doira sektor yuzi mavjud. 47-shakl sektor yuzasining simmetriya o‘qini *Ox* koordinata o‘qi sifatida qabul qilib va *OC*=x masofani quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$X_c = \frac{1}{S}\int_S xdS \tag{55}$$

markaziy burchagi $d\varphi$ bo‘lgan cheksiz kichik *Oab* sektor yuzachani ajratamiz. Xuddi teng yonli uchburchak deb qaralgan bu elementar bo‘lakchaning og‘irlik markazi c' nuqtada bo‘lib, bu masofa quyidagiga teng $OC' = \frac{2}{3}R$, bu c' markaz nuqtaning koordinatasi quyidagiga teng

$$X = \frac{2}{3}\cdot R\cdot\cos\varphi \tag{56}$$

Yuzacha
$$dS = \frac{1}{q}\cdot R^2 d\varphi \tag{57}$$

sektor yuzasi
$$S = \frac{1}{2}\cdot R^2\cdot 2\alpha = R^2\alpha \tag{58}$$

(56); (57) va (58) ifodalarni (55) formulaga qo‘yib va φ bo‘yicha integrallab, quyidagini olamiz:

$$X_c = \frac{1}{R^2\alpha}\int_{-\alpha}^{\alpha}\frac{1}{3}R^3\cos\varphi d\varphi = (\frac{R}{3\alpha}\cdot\sin\varphi)\Big|_{-\alpha}^{\alpha} = \frac{2R\sin\alpha}{3\alpha}$$

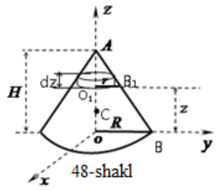
Demak ,
$$X_c = \frac{2}{3}\cdot R\cdot\frac{\sin\alpha}{\alpha} \tag{59}$$

sektor o‘rnida yarim doira bo‘lsa, $\alpha = \pi/2$ bo’lib,

$$X = \frac{4R}{3\pi} = 0{,}2124 \qquad (60)$$

kelib chiqadi.

6.Balandligi *H* va asosining radiusi *R* bo‘lgan to‘g‘ri doiraviy konus og‘irlik markazining koordinatalari aniqlansin, konusning simmetriya o‘qini *Oz*koordinata o‘qi sifatida olamiz. U holda $X_c = Y_c = 0$, Z_c koordinata quyidagi formula yordamida aniqlanadi:



48-shakl

$$z_C = \frac{1}{V}\int_v x dv \qquad (61)$$

Konus asosidan *Z* masofa balandlik *dz* va radiusi *r* bo‘lgan silindr ko‘rinishdagi cheksiz kichik bir element hajmini ajratamiz(48-shakl). Bu element hajmi quyidagiga teng:

$$dV = \pi \cdot r^2 dz \qquad (62)$$

radius r ni *AOB* va O_1AB_1 uchburchaklarning o‘xshashligidan aniqlanadi:

$$\frac{r}{R} = \frac{H - z}{H} \qquad (63)$$

Bundan $$r = \frac{R}{H}(H - z) \qquad (64)$$

(64) ni (62) ga qo‘ysak:

$$dV = \frac{\pi R^2}{H^2}(H - z)^2 dz \qquad (65)$$

kelib chiqadi.

Konusning hajmi quyidagiga teng: $V = \frac{1}{3}\pi \cdot R^2 \ H$ bo‘lgani uchun (61) ga qo‘ysak:

$$z_C = \frac{\int_0^H z\frac{\pi(H - z)^2 R^2}{H^2}dz}{\frac{1}{3}\pi R^2 H} = \frac{1}{4}H \qquad (66)$$

hosil qilamiz. Demak: $Z_c = \frac{1}{4}H$

Takrorlash uchun savollar

1. *Sirpanish ishqalanish kuchi deb qanday kuchga aytiladi?*
2. *Ishqalanish kuchi qanday qonunlarga bo‘ysunadi?*
3. *Ishqalanish kuchi nimalarga bog‘liq?*
4. *Ishqalanish kuchining maksimal qiymati qanday hisoblanadi?*
5. *Ishqalanish bo‘lgan holda reaksiya kuchi qanday bo‘ladi?*
6. *Ishqalanish burchagi nima?*

7. *Ishqalanish konusi nima?*
8. *Yumalab ishqalanish nima?*
9. *Yumalab ishqalanish koeffitsienti nima?*
10. *Yumalab ishqalanish jufti momenti qanday hisoblanadi?*
11. *Parallel kuchlar markazi qanday aniqlanadi?*
12. *Og‘irlik markazini aniqlash formulalari qanday?*
13. *Hajmning og‘irlik markazini aniqlash formulasini keltiring.*
14. *Yuzaning og‘irlik markazi qanday aniqlanadi?*
15. *Chiziqning og‘irlik markazi qanday aniqlanadi?*
16. *Og‘irlik markazini aniqlashning qanday usullarini bilasiz?*

7-mavzu. 8-mavzu.
NUQTA KINEMATIKASI. HARAKAT QONUNINING BERILISH USULLARI. TEZLIK VA TEZLANISHLARNI ANIQLASH.

Reja: 1.Kinematikaga kirish.
2. Nuqta harakatini berilish usullari
3.Nuqtaning tezligi (Vektor usuli, koordinata usuli,tabiiy usuli).
4.Nuqtaning tezlanishi (Vektor usuli, koordinata usuli,nabiy usuli).
5.Nuqtaning tezligi va tezlanishitabiy usuli
6.Harakatning xysysiy hollari.

Tayanch so‘zlar va iboralar:
mexanik harakat, trayektoriya, harakat qonuni, harakat tenglamalari, nuqtaning tezligi, nuqtaning tezlanishi, urinma tezlanish, normal tezlanish, trayektoriyaningegrilik radiusi

1.Kunematikaga kirish

Nazariy mexanikaning kinematika bo‘limida jismlarning harakati bu harakatni vujudga keltiruvchi kuchlarga boglamay, faqat geometrik nuqtayi nazardan tekshiriladi. Kinematikada harakatning aniqlanish usullari, harakatni kinematik xarakterlaydigan kattaliklar (trayektoriya, tezlik va tezlanishlar) aniqlanadi. Jismning harakatini kinematik usulda aniqlash texnikada turli mashina va mexanizmlar qismlarining harakatini o‘rganish uchun nazariy baza bo‘lib xizmat qiladi.

. Nazariy mexanikada jismlar harakatining eng sodda shakli - ***mexanik harakat*** tekshiriladi. Vaqtning o‘tishi bilan moddiy jismlarning fazoda bir-biriga nisbatan ko‘chishiga ***mexanik harakat*** deyiladi. Kinematikada jismlarning harakati tanlab olingan biror koordinata sistemasiga nisbatan tekshiriladi.

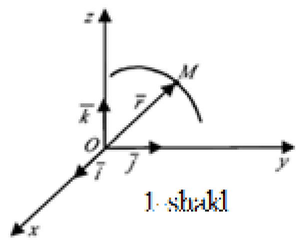
Muvozanat harakatning xususiy xolidir. Agar jismni biror sanoq sistemasiga nisbatan vaziyati vaqtning o‘tishi bilan o‘zgarmasa, jism mazkur sanoq sistemasiga nisbatan tinch holatda (muvozanatda) bo‘ladi. Tanlab olingan sanoq sistemasiga nisbatan har onda jismning vaziyatini aniqlash mumkin bo‘lsa, jismning harakati kinematik aniqlangan deb hisoblanadi. Klassik mexanikada moddiy jismning harakati uch o‘lchovli Evklid fazosiga nisbatan tekshiriladi. Mexanikada vaqtni universal deb hisoblanadi, ya’ni vaqtni barcha sanoq sistemalari uchun bir xilda deb qaraladi. Matematik nuqtayi nazardan qaraganda, vaqtni erkin o‘zgaruvchi (argument) sifatida qaraladi va t bilan belgilanadi. Texnika masalalarini yechishda vaqtning o‘lchov birligi 1 sekund deb qabul qilingan.

Vaqtning o‘tishi bilan nuqtaning fazoda qoldirgan iziga ***trayektoriya*** deyiladi. Nuqta trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lsa, u holda nuqtaning bunday harakatiga ***to‘g‘ri chiziqli harakat***, aks holda ***egri chiziqli harakat*** deyiladi.

Kinematika ikki qismga bo’linadi: nuqta kinematikasi, qattiq jism kinematikasi. Qattiq jism kinematikasini organish uchun nuqta kinematikasini bilish kerak.

2.Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatining berilish usullari

Agar istalgan t vaqt uchun nuqtaning berilgan sanoq sistemasiga nisbatan holati (vaziyati) ma’lum bo‘lsa, mazkur sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning harakat qonuni ma’lum bo‘ladi. Kinematikada nuqtaning harakat qonuni uchta usulda aniqlanadi:



1-shakl

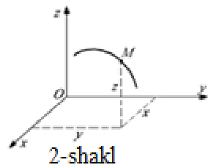
1. Vektor usuli. 2.Koordinata usuli. 3.Tabiiy usul.

1.Vektor usuli: Bu usulda M nuqtaning holati biror qo‘zg‘almas markazdan $\bar{r}(t)$ radius vektori bilan aniqlanadi (1-shakl). Vaqtning o‘tishi bilan M nuqta harakatlanganda uning $\bar{r}$ - radius vektori ma’lum qonun asosida o‘zgaradi. Ya’ni, skalyar argument t ning vektorli funksiyasidan iborat bo‘ladi:

Arap $\bar{r}(t)$ funksiya ma’lum bo‘lsa, t vaqtning har bir payti uchun M nuqtaning holati ma’lum bo‘ladi. $\bar{r} = \bar{r}(t)$ (1)

Shu sababli, (1) tenglamani nuqtaning harakat tenglamasi, yoki harakat qonuni deyiladi. $\bar{r} = \mathrm{const}$ bo‘lsa, nuqta tinch holatda bo‘ladi.

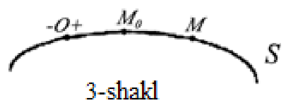
2.**Koordinata usuli:** Bu usulda harakatlanayotgan *M* nuqtaning holati uning uchta *Ox, Oy, Oz* to‘g‘ri burchakli Dekart koordinatalari orqali aniqlanadi (2-shakl). Nuqta harakatlanganda uning koordinatlari vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi. Binobarin, *M* nuqtaning koordinatlari *x, y, z* vaqtning bir qiymatli, uzluksiz va differensiallanadigan funksiyasidan iborat bo‘ladi:


2-shakl

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \tag{2}$$

Nuqta koordinatalari bilan *t* vaqt orasidagi (2) munosabatlar berilgan bo‘lsa, *M* nuqtaning fazodaistalgan paytdagi holati ma’lum bo‘ladi. Shu sababli nuqtaning Dekart koordinatalaridagi harakat tenglamalari deb ataluvchi (2) tenglamalar nuqtaning holatini butunlay aniqlaydi, (2) tenglamalardan *t* vaqtni yo‘qotib, nuqta trayektoriyasining tenglamasi aniqlanadi.

3.Tabiiy usul. Harakatlanayotgan nuqtaning trayektoriyasi oldindan ma’lum bo‘lsa, nuqta harakatini tabiiy usulda aniqlash qulay. Traektoriyaning biror nuqtasi *O ni koordinata boshi deb* olib, bu nuqtaga nisbatan yoy koordinatasini o‘tkazamiz . *O* nuqtadan bir tomonga musbat, ikkinchi tomonga manfiy yonalish deb hisoblaymiz. Vaqtning o‘tishi bilan qo‘zg‘almas *O* nuqtadan harakatlanayotgan nuqtagacha bo‘lgan *OM* masofa o‘zgaradi, ya’ni yoy koordinatasi vaqtning funksiyasidan iborat:



3-shakl

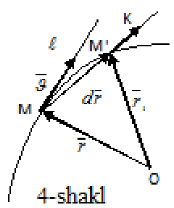
$$S=f(t). \tag{3}$$

Bu munosabatga ***nuqtaning tabiiy usuldagi harakat tenglamasi*** yoki ***harakat qonuni*** deyiladi.

3.Nuqtaning tezligi

1. Harakat qonuni vektor usulda berilganda nuqtaning tezligi

Nuqtaharakat tenglamasi $\bar{r} = \bar{r}(t)$ bo‘lsin. Harakatlanayotgan bu nuqtaning t vaqtdagi holatini ixtiyoriy *O* nuqtadan o’tkazilgan $\bar{r}$ radius vektori bilan aniqlanadi (4-shakl). Kichik vaqt Δt oralig‘ida esa, ya’ni $t+\Delta t$ momentda *M'* holatni olsin. *M'* nuqtaning radius vektorini $\bar{r}_1$ bilan belgilaymiz. 4–shakldan korinadiki,


4-shakl

$\bar{r}_1 = \bar{r} + \overline{MM'}$, $\overline{MM'} = \bar{r}_1 - \bar{r} = \overline{\Delta r}$. Agar nuqtaning o‘rtacha tezligini ϑ^* bilan belgilasak, u quyidagiga teng. $\bar{v}^* = \dfrac{\Delta \bar{r}}{\Delta t}$. Endi Δt ni nolga intiltirib boramiz, bunda *M′* nuqta *M* nuqtaga intiladi. $\overline{\vartheta^*}$ vektor yo‘nalishining limiti trayektoriyaning

M nuqtasidagi urinma yo‘nalishiga mos keladi, uning moduli esa $\bar{\vartheta}=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta\bar{r}}{\Delta t}=\dfrac{d\bar{r}}{dt}$.

Demak, $\bar{\vartheta}=\dfrac{d\bar{r}}{dt}$ (4)

ya’ni, *harakatlanayotgan nuqta tezligi bu nuqtaning radius vektoridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga teng.*

2. Harakat qonuni koordinata usulida berilganda nuqtaning tezligi

Nuqta harakati koordinat usulda berilgan bo’lsin (2):

$\bar{r}$ radius vektorni koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari orqali yozish mumkin:

$$\bar{r}=x\bar{i}+y\bar{i}+z\bar{k} \tag{5}$$

Bunda $\bar{i}$, $\bar{j}$, $\bar{k}$ koordinata o‘qlari bo‘ylab yo‘nalgan birlik vektorlardir. Tezlik vektorining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari ϑ_x, ϑ_y, ϑ_z bo‘lsin, u holda $\bar{\vartheta}$ ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\bar{\vartheta}=\vartheta_x\bar{i}+\vartheta_y\bar{j}+\vartheta_z\bar{k} \tag{6}$$

(5) va (6) ni (7) ga qo‘ysak, quyidagini hosil qilamiz:

$$\vartheta_x\bar{i}+\vartheta_y\bar{j}+\vartheta_z\bar{k}=\frac{d}{dt}(x\bar{i}+y\bar{j}+z\bar{k})=\frac{dx}{dt}\bar{i}+\frac{dy}{dt}\bar{j}+\frac{dz}{dt}\bar{k} \tag{7}$$

Ifoda ayniyat bo‘lgani uchun birlik vektorlar oldidagi koeffitsientlar tegishlicha bo‘lishi kerak:

$$v_x=\frac{dx}{dt}=\dot{x};\quad v_y=\frac{dy}{dt}=\dot{y};\quad v_z=\frac{dz}{dt}=\dot{z} \tag{8}$$

Demak,tezlik vektorining koordinata o‘qidagi proyeksiyasi harakatdagi nuqta koordinatasidan vaqtga nisbatan olingan hosilaga teng bo‘lar ekan.

Vektorning proyeksiyalari ma’lum bo‘lsa, uning moduli va yo‘nalishini topish mumkin. U proyeksiyalarga qurilgan parallelopiped diagonaliga teng, shunga ko‘ra:

$$\vartheta=\sqrt{\vartheta_x^2+\vartheta_y^2+\vartheta_z^2}. \tag{9}$$

Tezlik vektorining yo‘naltiruvchi kosinuslari uchun quyidagi formulalarni yozamiz:

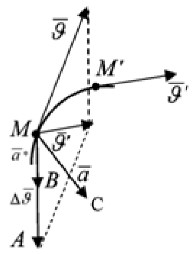
$$\cos(\widehat{\bar{\vartheta},\bar{i}})=\frac{\vartheta_x}{\vartheta};\ \cos(\widehat{\bar{\vartheta},\bar{j}})=\frac{\vartheta_y}{\vartheta};\ \cos(\widehat{\bar{\vartheta},\bar{k}})=\frac{\vartheta_z}{\vartheta}. \tag{10}$$

4.Nuqtaning tezlanishi

1. Harakat qonuni vektor usulda berilganda nuqta tezlanishi

Nuqtaning tezlanishi vektor kattalik bo‘lib, berilgan daqiqadagi nuqta tezlik vektorining vaqtga birligi ichida o‘zgarishini xarakterlaydi. (5-shakl).

Harakatlanayotgan nuqta trayektoriyada t daqiqada M holatda tezligi $\bar{\vartheta}$ bo‘lsin, bu nuqta Δt kichik vaqt oralig‘ida, ya’ni $t+\Delta t$ daqiqada M' holatni olsin va tezligi $\bar{\vartheta}'$ bo‘lsin, $\bar{\vartheta}'$ vektorni M' nuqtaga parallel ko‘chiramiz, uning uchini $\bar{\vartheta}'$ vektorning uchi bilan tutashtiramiz va chizilgan uchburchakning parallelogrammga to‘ldiramiz. U holda $\overline{\mathrm{MA}} = \bar{\vartheta}' - \bar{\vartheta} = \Delta\bar{\vartheta}$ bo‘lgani uchun $\overline{MA}$ vektor Δt vaqtda tezlik o‘zgarishini ifodalaydi. Endi Δt vaqtga mos keluvchi



5-shakl

Uning Δt nolga intilgandagi daqiqada M nuqtaning haqiqiy tezlanishi vektorini

$\Delta\bar{\vartheta}$ vektorni Δt ga nisbatiga teng . $\overline{MB}$ vektori o‘rtacha tezlanishni ifodalaidi $\overline{MB} = \dfrac{\Delta \bar{r}}{\Delta t}$

M nuqtaning haqiqiy tezlanishi vektorini qyidagiga teng:

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \overline{MB} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{d\bar{v}}{dt}, \qquad \bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{d^2 \bar{r}}{dt^2}. \tag{11}$$

Bu vektorni chizmada $\overline{MC}$ vektor bilan ifodalaymiz. $\overline{MC}$ trayektoriya tekisligida yotadivf traektoriyaning botiqlik tomoniga yonaladi..

2.Harakat qonuni koordinata usulda berilgandagi nuqta tezlanishi

Tezlanish vektorining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari a_x , a_y , a_z bo‘lsin. $\bar{a}$ tezlanishni proyeksiyalari orqali ifodalaymiz:

$$\bar{a} = a_x \bar{i} + a_y \bar{j} + a_z \bar{k} \tag{12}$$

Quyidagi ifodalar hosil bo‘ladi:

$$a_x \bar{i} + a_y \bar{j} + a_z \bar{k} = \frac{dv_x}{dt}\bar{i} + \frac{dv_y}{dt}\bar{j} + \frac{dv_z}{dt}\bar{k} = \frac{d^2 x}{dt^2}\bar{i} + \frac{d^2 y}{dt^2}\bar{j} + \frac{dv_z}{dt}\bar{k} \tag{13}$$

Yuqoridagi ifoda ayniyat bo‘lgani uchun $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ birlik vektorning oldidagi koeffitsientlar tegishlicha bir-biriga tenglashtirib, tezlanish proyeksiyalarini koordinatalar orqali ifodasini topamiz:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2} = \ddot{x}; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2} = \ddot{y}; \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2} = \ddot{z}; \tag{14}$$

Demak, tezlanish vektorining koordinata o‘qidagi proyeksiyalari, tezlik vektorining tegishlicha koordinata o‘qidagi proyeksiyasining vaqtga nisbatan birinchi tartibli hosilasiga yoki harakatlanayotgan nuqta koordinatasining ikkinchi tartibli hosilasiga teng bo‘lar ekan. Tezlanishning moduli va uning yo‘naltiruvchi kosinuslari quyidagicha yoziladi:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}, \qquad (15)$$

$$\cos(\bar{a} \wedge \bar{i}) = \frac{a_x}{a}, \quad \cos(\bar{a} \wedge \bar{j}) = \frac{a_y}{a}, \quad \cos(\bar{a} \wedge \bar{k}) = \frac{a_z}{a} \qquad (16)$$

3.Nuqtaning tezligi va tezlanishini tabiiy usuli

1. Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda nuqta tezligi

Nuqta berilgan trayektoriya bo‘ylab *S=f (t)* qonuniga muvofiq harakatlanayotgan bo‘lsin.

Tezlik vektori $\bar{\vartheta} = \frac{d\bar{r}}{dt}$ formula bilan hisoblanadi. Bu formulaga shakl almashtirish kiritamiz:

$\bar{\vartheta} = \frac{d\bar{r}}{dt} = \frac{d\bar{r}}{dt} \cdot \frac{ds}{ds} = \frac{ds}{dt} \cdot \frac{d\bar{r}}{ds}$, Differensial geometriyadan malymki: $\frac{d\bar{r}}{ds} = \bar{\tau}$

$\bar{\tau}$ -urinma bo‘yicha yo‘nalgan birlik vektori $\bar{\vartheta} = \frac{ds}{dt}\bar{\tau}$

Demak, tezlik vektorining moduli yoy koordinatasidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli

hosilaga teng: $v = \frac{ds}{dt}$.

(17)

Agar $\frac{ds}{dt} = \vartheta = const$ bo‘lsa, harakat tekis bo‘ladi ya’ni $S = S_0 + \vartheta$ t bo‘ladi.

2. Harakat qonuni tabiiy usulda berilgandagi nuqta tezlanishi

Nuqtaning harakat tenglamasi tabiiy usulda berilgan bo‘lsa, nuqta tezlanish vektorini uning tabiiy koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari orqali aniqlash ancha qulay bo‘ladi.

Nuqtaning tezlanish vektorini aniqlaymiz: $\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt}$. $\bar{v} = v\bar{\tau}$ ekanligini hisobga olib,

ba’zi o’zgartirishni kiritsak: $\bar{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \bar{\tau} + v\frac{d\bar{\tau}}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \bar{\tau} + v\frac{d\bar{\tau}}{dt} \cdot \frac{ds}{ds} = \frac{dv}{dt} \cdot \bar{\tau} + v\frac{ds}{dt} \cdot \frac{d\bar{\tau}}{ds}$

(18) bo‘ladi. Differensial geometriyadan ma’lumki $\frac{d\bar{\tau}}{ds} = \frac{\bar{n}}{\rho}$. Bu erda ρ-

trayektoriyaningegrilik radiusi. $\frac{ds}{dt} = v$ ekanligini hisobga olsak :

$\bar{a} = \frac{dv}{dt}\bar{\tau} + \frac{v^2}{\rho}\bar{n}$. (19)

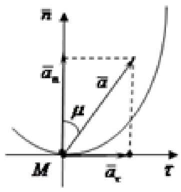
Nuqtaning to‘liq tezlanishi ikki qismdan iborat bo‘lib, $\bar{a}_\tau = \frac{dv}{dt}\bar{\tau}$ - urinma tezlanishi

$\overline{a}_n = \frac{v^2}{\rho}\overline{n}$ - normal tezlanish deyiladi.

Urinma tezlanishnind moduli quidagicha ,o’ladi: $a_\tau = \frac{d\vartheta}{dt}$ ёки $a_\tau = \frac{d^2S}{dt^2}$

(20)

Egri chiziqli harakatdagi nuqtaning urinma tezlanishining moduli tezlik modulidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga yoki nuqtaning yoy koordinatasidan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng bo‘ladi. Hosilaning ishorasi urinma tezlanishining trayektoriyaning qaysi tomoniga yo‘nalishini ko‘rsatadi.



6-shakl

Normal tezlanishining moduli quyidagi formuladan topiladi.

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}. \qquad (21)$$

Normal tezlanishning moduli harakati tekshirilayotgan nuqta tezligi kvadratining nuqta trayektoriyasining shunuqtadagi egrilik radiusiga nisbatiga teng.Hamma vaqt musbat miqdor bo‘lgani uchun normal tezlanish hamma vaqt kuzatilayotgan nuqtadan trayektoriyaning bosh normali bo‘ylab botiq tomoniga yo‘naladi.Nuqtaning to‘liq tezlanishi uning urinma va normal

tezlanishining geometrik yig’ndisiga teng:

$$\overline{a} = \overline{a}_\tau + \overline{a}_n$$

$\overline{a}_\tau$ bilan $\overline{a}_n$ o‘zaro tik yo‘nalgani uchun to‘la tezlanishning moduli quyidagi formuladan topiladi

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 + \left(\frac{\vartheta^2}{\rho}\right)^2}$$

Yo‘nalishi $tg\mu = \frac{|a_\tau|}{a_n}$ formuladan topiladi (6-

(22)

shakl).

5.Harakatning xususiy hollari

1. Harakat to‘g‘ri chiziqli bo‘lsa, ρ=∞ bo‘ladi va $a_n = \frac{\vartheta^2}{\rho} = 0$. Bu holda to‘la tezlanish urinma tezlanishga teng bo‘ladi: $a = a_\tau = \frac{d\vartheta}{dt}$. Demak, nuqtaning urinma tezlanishi uning tezlik modulining vaqt birligi ichida o‘zgarishini ko‘rsatadi.

2. Egri chiziqli tekis harakat. Bu xolda ϑ =const bo‘ladi va $a_\tau = \frac{d\vartheta}{dt} = 0$ bo‘lib, tezlanish faqat normal tezlanishga teng bo‘ladi. $a = a_n = \frac{\vartheta^2}{\rho}$, tezlanish vektori egri chiziqning botiq tomoniga qarab bosh normal bo‘ylab yo‘naladi. Bu tezlanish vaqt o‘tishi bilan nuqta tezligining yo‘nalishi o‘zgarishidan hosil bo‘ladi.

3. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat.Bu xolda $\rho=\infty$, ϑ =const bo‘lib, $a = a_\tau = a_n = 0$ bo‘ladi.

4. T***ekis o‘zgaruvchan egri chiziqli harakat.*** Bu xolda a_τ =const bo‘ladi, bunday va harakat tenglamasini topish uchun harakatining boshlang‘ich shartlari berilgan bo‘lishi kerak: $t=0$ da $S=S_0$ va $\vartheta = \vartheta_0$ bo‘lsin (ϑ_0- boshlang‘ich tezlik)

$$d\vartheta = a_\tau dt . \qquad (23)$$

Berilgan misolda a_τ=const bo‘lganidan yuqoridagi tenglikning ikki tomonini integrallasak quyidagi ifodalar kelib chiqadi. $\int_{v_0}^{v} d\vartheta = \int_0^t a_\tau dt$ yoki $\vartheta = \vartheta_0 + a_\tau t$

(24)

Bu yerdagi ϑ ning o‘rniga $\frac{ds}{dt}$ ni qo‘yib, quyidagilarni olamiz:

$$\frac{ds}{dt} = \vartheta_0 + a_\tau t \quad \text{yoki} \quad ds = \vartheta_0 dt + a_\tau t dt .$$

Bu tenglamaning ikkala tomonini yana integrallab, tekis o‘zgaruvchan harakat tenglamasini topamiz: $S = S_0 + \vartheta_0 t + a_\tau \frac{t^2}{2}$.

(25)

Tekis o‘zgaruvchan egri chiziqli harakatning istalgan paytdagi tezligi (24) formuladan aniqlanadi. Tekis o‘zgaruvchan to‘g‘ri chiziqli harakat tenglamasi ham xuddi (25) formula kabi topiladi. Faqat yoy koordinatasi S o‘rnida nuqtaning to‘g‘ri chiziqli koordinatasi X qatnashadi.

Takrorlash uchun savollar

1. *Kinematika nimani o‘rgatadi?*
2. *Nuqta trayektoriyasi deb nimaga aytiladi?*
3. *Nuqta harakati berilishining qanday usullarini bilasiz va ular qanday bo‘ladi?*
4. *Nuqta harakati qonuni koordinata usulida berilganda uning trayektoriyasi qanday aniqlanadi?*
5. *Nuqta tezligi qanday aniqlanadi va qanday yo‘nalishga ega?*

6. *Nuqta tezligining Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari qanday? Nuqta tezligi moduli va yo‘nalishi tezlik proyeksiyalari orqali qanday aniqlanadi?*
7. *Nuqta harakati qonuni tabiiy usulda berilganda uning tezligi qanday aniqlanadi?*
8. *Nuqta tezlanish vektori qanday aniqlanadi?*
9. *Nuqta tezlanishi Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari qanday aniqlanadi? Nuqta tezlanish moduli va yo‘nalishi Dekart o‘qlardagi proyeksiyalari orqali qanday aniqlanadi?*
10. *Nuqta tezlanishining trayektoriya bosh normali va urinmasidagi proyeksiyalari nimaga teng?*
11. *Urinma tezlanishi qachon nolga teng bo‘ladi? Normal tezlanishchi?*
12. *Urinma va normal tezlanishlar orqali nuqtaning to‘liq tezlanishi nimaga teng?*
13. *Tekis harakat nima? Tekis o‘zgaruvchan harakatchi?*
14. *M nuqta ellips bo‘yicha tekis harakat qiladi. Nuqtaning tezlanishi ellipsning qaysi nuqtalarida eng katta va eng kichik bo‘ladi?*

9-mavzu. QATTIQ JISMNING SODDA HARAKATLARI

Reja **I.** *Qattiq jismning ilgarinlanma harakati.*

II. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati :

1. Aylanma harakat burchak tezligi.

2.Aylanma harakat burchak tezlanishi

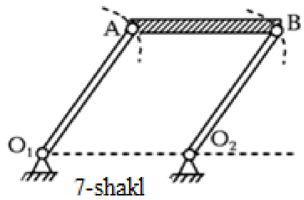
3. Aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi.

4. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jism nuqtasining tezligi va tezlanishining vektor ifodalari

Tayanch so‘zlar va iboralar:

ilgarinlanma harakati aylanma harakati , aylanish burchagi, aylanish o‘qi burchak tezligi burchak tezlanishi, tekis aylanma harakat, tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat

Odatda, qattiq jism harakatini o‘rganish uning sodda harakatlarini o‘rganishdan boshlanadi. Jismning ilgarilanma va qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakatlariga ***jismning sodda***yoki ***asosiy harakatlari*** deyiladi. Jismning har qanday murakkab harakatlarini shu ikki harakatdan tashkil topgan deb qaraladi.

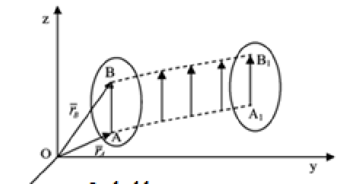


7-shakl

I.Qattiq jismning ilgarinlanma harakati

Jismda olingan har qanday kesma harakat davomida hamma vaqt o‘z-o‘ziga parallel qolsa, jismning bunday harakatiga ***ilgarilanma harakat*** deyiladi. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining trayektoriyalari istalgan egri chiziq bo‘lishi mumkin.

Masalan, to‘g‘ri chiziqli relsda harakatlanayotgan vagon kuzoviningharakati ilgarilanma harakat bo‘lib, kuzov nuqtalarining trayektoriyalari to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi.


8-shakl

Ikkinchi misol tariqasida 7-shaklda ko‘rsatilgan *AB***sparnik** harakatini kuzatamiz. O_1A va O_2B krivoshiplar O_1, O_2 nuqtalar atrofida aylanganda *AB* ***sparnik***[1]* hamma vaqt o‘z-o‘ziga parallel qoladi, ya’ni ilgarilanma harakat qiladi.

Sparnik nuqtalari markazi O_1O_2 chizig‘ida yotgan aylanalar chizadi. Demak, bu holda ilgarilanma harakatdagi *AB* sparnik nuqtalarining trayektoriyalari egri chiziqdan iborat bo‘ladi. Ilgarilanma harakatning kinematik xususiyatlarini aniqlaydigan quyidagi teoremani isbotlaymiz.

*Teorema.**Ilgarilanma harakatdagi qattiq jismning hamma nuqtalari bir xil trayektoriya chizadi va har onda jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari bir-biriga teng bo‘ladi.***

Teoremani isbotlash uchun berilgan *Oxyz* qo‘zg‘almas hisoblash sistemasiga nisbatan ilgarilanma harakatni tekshiramiz. Jismning ixtiyoriy *A* va *B* nuqtalarini olib, ularning radius vektorlarini o‘tkazamiz. Shakldan $\bar{r}_B = \bar{r}_A + \overline{AB}$

(26)

tenglikni olamiz (8-shakl). Jism harakatlanganda $\bar{r}_B$ va $\bar{r}_A$ lar o‘zgaradi.

Ammo *AB* kesmaning uzunligi va yo‘nalishi o‘zgarmaydi, chunki qattiq jism ta’rifiga ko‘ra *AB* uzunligi o‘zgarmas bo‘lib, ilgarilanma harakat ta’rifiga ko‘ra doimo o‘z-o‘ziga parallel qoladi, ya’ni $\overline{AB} = const$. Shuning uchun tenglamadagi $\bar{r}_B$ va $\bar{r}_A$ vektorlarni o‘zgarganda ularning uchlaridagi *A* va *B* nuqtalarining chizgan AA_1va BB_1 trayektoriyalari o‘zaro teng $AA_1=BB_1$ va $AA_1 || BB_1$ bo‘ladi. (26) dan vaqtga nisbatan hosila olamiz:

$$\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \frac{d\bar{r}_A}{dt} + \frac{d\overline{A}\overline{B}}{dt} \text{bunda } \frac{d\overline{A}\overline{B}}{dt} = 0$$

[1]* sparnik – tutashtirgich

bo‘lgani uchun $\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \frac{d\bar{r}_A}{dt}$

(27)

A va *B* nuqtalar ixtiyoriy nuqta bo‘lgani uchun ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalarining tezliklari bir xilda bo‘ladi degan natijaga kelamiz. (27) dan vaqtga nisbatan hosila olamiz: $\frac{d\bar{\vartheta}_B}{dt} = \frac{d\bar{\vartheta}_A}{dt}$ bundan $\bar{a}_B = \bar{a}_A$.

(28)

(28) tenglikdan ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalarining tezlanishlari bir xilda bo‘ladi, degan natijaga kelamiz. Shunday qilib, teorema isbotlandi. Ilgarilanma harakat ta’rifidan va isbotlangan teoremadan jismning ilgarilanma harakati uning biror nuqtasining harakati bilan aniqlanishini ko‘ramiz. Bunday nuqta uchun ko‘pincha jism og‘irlik markazi olinadi:

$$x_C = f_1(t), \quad y_C = f_2(t) \quad z_C = f_3(t) \qquad (29)$$

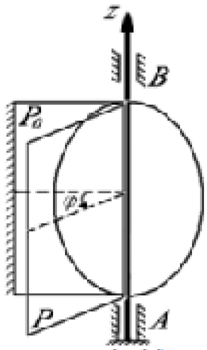
C nuqtaning harakat tenglamalari jismning ilgarilanma harakat tenglamalari bo‘ladi. Shuning uchun ilgarilanma harakatdagi jism kinematikasi nuqta kinematikasidan farq qilmaydi.

Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtasining $\bar{\vartheta}$ tezligi va $\bar{a}$ tezlanishi jismning hamma nuqtalari uchun bir xilda bo‘lgani uchun $\bar{\vartheta}$ tezlikka ***jismning ilgarilanma harakat tezligi***, $\bar{a}$ ga ***jismning ilgarilanma harakat tezlanishi*** deyiladi.

$\bar{\vartheta}$ va $\bar{a}$ tezlik va tezlanish jismning istalgan nuqtasiga qo‘yilgan deb tasvirlanadi. Shuni ta’kidlab o‘tamizki, faqat jismning ilgarilanma harakati uchun $\bar{\vartheta}$ va $\bar{a}$ tezlik va tezlanishlar ***jismning ilgarilanma harakat tezligi*** va ***tezlanishi*** deb ataladi.

II. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati

Qattiq jism harakatlanganda uning ikki nuqtasi doimo harakatsiz qolsa, qattiq jismning bunday harakatiga ***qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati*** deyiladi. Shu qo‘zg‘almas nuqtalardan o‘tgan to‘g‘ri chiziqqa ***aylanish o‘qi*** deyiladi. Aylanish o‘qida joylashgan jism nuqtalari doimo harakatsiz bo‘ladi. Aylanish o‘qidan tashqarida joylashgan hamma nuqtalari trayektoriyasi aylanish o‘qiga tik bo‘lgan tekisliklarda joylashgan, markazi aylanish o‘qida bo‘lgan aylanalardan iborat bo‘ladi. Qattiq jismning aylanma harakatini tekshirish uchun aylanish o‘qi orqali ikki tekislik o‘tkazamiz. Ulardan biri qo‘zg‘almas $\boldsymbol{P}_0$, ikkinchisi jism bilan birlashtirilgan, u



9 shald

bilan birga harakatlanadigan ***P*** tekislik bo‘lsin. Aylanish o‘qini jismning qo‘zg‘almas *A* va *B* nuqtalari orqali yuqoriga yo‘naltiramiz va uni *Az* deb belgilaymiz. Jismni Az o‘qi atrofida harakatlanganda *P*tekislik P_0 tekislikka nisbatan φ burchakka buriladi. Bu burchak ***aylanish burchagi*** deyiladi. Aylanish o‘qining musbat yo‘nalishidan qaraganimizda jism soat milining aylanishiga teskari tomonga aylanma harakatini musbat yo‘nalishda deb qaraymiz. Aks holda harakat manfiy yo‘nalishda bo‘ladi. Demak, burchak P_0dan *P*tekislikka qarab soat milining aylanishiga teskari yo‘nalishda o‘sib boradi.

Aylanish burchagining o‘zgarishi *P* tekislikni P_0 tekislikka nisbatan harakatlanishini ifodalaydi. Shuning uchun aylanish burchagi φ bilan vaqt orasidagi munosabat: $\varphi = f(t)$.
(30)

(6.5) ga ***jism aylanma harakat tenglamasi*** deyiladi. Agar (30) tenglik berilgan bo‘lsa, vaqtning har bir paytdagi jismning holati ma’lum bo‘ladi. Aylanish burchagi radianda o‘lchanadi, u vaqtning bir qiymatli, uzliksiz, differensiallanadigan funksiyasi bo‘ladi.

1. Aylanma harakat burchak tezligi

Vaqt birligi ichida ayilanish burchagi φ nung o’zgarishi burchak tezlik deyiladi ω bilan belgilanadi, rad/s yoki 1/s bilan o’lchanadi: $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi}$. (31)

Burchak tezligi aylanish burchagidan vaqtga nisbatan olingan birinchi tartibli hosilasiga teng, hosilaning ishorasi harakat yo‘nalishini aniqlaydi. Aylanma harakatda burchak tezligi $\overline{\omega}$ - aylanish o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan vektor kattalik bilan ifodalanadi. U aylanish o‘qining istalgan nuqtasiga qo‘yiladi va uning uchidan qaraganimizda jism soat milining yo‘nalishiga teskari aylanishini ko‘rish kerak.

Agar harakat davomida hamma vaqt ω o‘zgarmas bo‘lsa, harakat tekis aylanma harakat bo‘ladi. Bu o‘zgarmasni ω_0 bilan belgilab, (31) tenglikka qo‘yamiz: $\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0$

Bundan $d\varphi = \omega_0 dt$ (32)

Hosil bo‘lgan tenglikda boshlang‘ich shartlarni hisobga olib,
yani*t*=0 da $\varphi = \varphi_0$, tenglamani integrallaymiz. ω_0 o‘zgarmas bo‘lgani uchun quyidagi tenglik tekis aylanma harakat tenglamasini olamiz: $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t$
(33)

Kinematika masalalarida ko‘pincha tekis aylanma harakat burchaktezligini jismning *t*=l minut ichidagi aylanish soni *n* ifodasidan foydalanishga to‘g‘ri keladi. Jism bir aylanganda $\varphi = 2\pi$ burchakka aylanadi. Agar *t*=1 minut 60 s jism *n* marta aylansa, φ=2*n*π bo‘ladi (33) tenglikdan foydalanib, ω bilan n orasidagi munosabatni topamiz: $\omega = \dfrac{\pi n}{30}$. Bunda $\omega = \omega_0 = const$ deb hisoblanadi.

2. Aylanma harakat burchak tezlanishi

Burchak tezlanishi aylanma harakat burchak tezligining vaqt birligi ichida o‘zgarishini xarakterlaydi. Burchak tezlanishi burchak tezligidan vaqtga nisbatan birinchi hosila yoki aylanish burchagidan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi hosilaga teng bo‘ladi. Burchak tezlanishini ε bilan belgilaymiz:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \ddot{\varphi} \tag{34}$$

Burchak tezlanishi rad/s^2 yoki 1/s^2 bilan o‘lchanadi. Agar ω bilan ε bir xil ishorali bo‘lsa, harakat tezlanuvchan, har xil ishorali bo‘lsa, harakat sekinlanuvchan bo‘ladi. Harakat davomida ε=const bo‘lsa, bunday harakatga ***tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat*** deyiladi. Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat tenglamasi quyidagi ko‘rinishda aniqlanadi:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \text{ dan } \omega = \omega_0 + \varepsilon t \tag{35}$$

tenglikni olamiz. Bunda ε=const. Hosil bo‘lgan tenglikni hisobga olgan holda (35) formulani quyidagi ko‘rinishda yozamiz: $d\varphi = (\omega_0 + \varepsilon t)dt$

Buni yana t=0 da $\varphi = \varphi_0$ boshlang‘ich shartlarda integrallab, tekis o‘zgaruvchan harakat tenglamasini olamiz: $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \dfrac{\varepsilon t^2}{2}$.

ε ning ishorasi harakatni tezlanuvchan yoki sekinlanuvchan ekanini ko‘rsatadi. Agar t=0 da $\varphi = 0$ bo‘lsa, $\varphi = \omega_0 t + \dfrac{\varepsilon t^2}{2}$ tenglik hosil bo‘ladi.

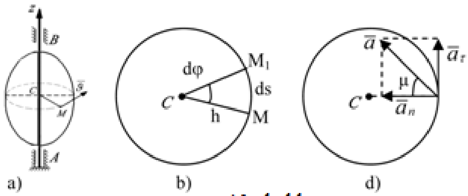
Aylanish o‘qining birlik yo‘naltiruvchi vektorini $\bar{k}$ bilan belgilasak, aylanish o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan burchak tezlik ϖ vektorning vaqtga nisbatan hosilasi burchak tezlanish vektorini ifodalaydi: $\bar{\varepsilon} = \dfrac{d\omega}{dt}\bar{k}$ yoki $\bar{\varepsilon} = \varepsilon \cdot \bar{k}$.

Aylanish o‘qi qo‘zg‘almas bo‘lgani uchun $\bar{k}$=const bo‘ladi. Demak, burchak tezlanishi ` vektori aylanish o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lib, ϖ va $\bar{\varepsilon}$ bir tomonga yo‘nalsa, tezlanuvchan, qarama-qarshi tomonga yo‘nalsa, harakat sekinlanuvchan bo‘ladi.

3.Aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi

Qattiq jismning nuqtalari harakatlarini xarakterlovchi kinematik elementlari – trayektoriya, tezlik va tezlanishlarini topamiz. Buning uchun jismni aylanish Az o‘qidan ixtiyoriy masofada joylashgan M nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlaymiz. Faraz qilaylik

M nuqta aylanish o‘qidan *h* masofada joylashgan bo‘lsin, jism harakatlanganda *M* nuqta radiusi *h* bo‘lgan markazi aylanish o‘qining *C* nuqtasida joylashgan aylana chizadi. Agar jism *dt* vaqt ichida aylanish o‘qi atrofida $d\varphi$ burchakka burilsa, *M* nuqta trayektoriya bo‘ylab $MM_1=dS=hd\varphi$ yoyini o‘tadi



10-shakl

Harakat egri chiziqli bo‘lgani uchun *M* nuqtaning tezligi quyidagi formula bo‘yicha topiladi:

$$\vartheta = \frac{dS}{dt} = h\frac{d\varphi}{dt} = h\omega$$

(36)

Demak, aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezligi nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofaga proporsional o‘zgarar ekan. Tezlik harakat yo‘nalishida trayektoriyaga urinma bo‘ylab yo‘naladi. Endi *M* nuqtaning tezlanishini topamiz. Harakat egri chiziqli bo‘lgani uchun *M* nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlardan tashkil topadi:

$$a_n = \frac{\vartheta^2}{\rho}; \quad a_\tau = \frac{d\vartheta}{dt}$$

Bu tengliklarga (36) dan ϑ ning qiymatini qo‘yamiz:

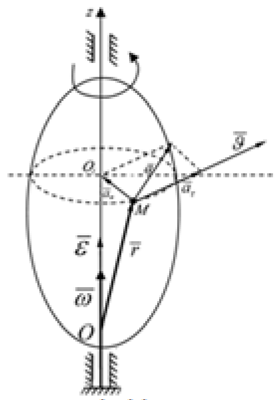
$$a_n = \frac{d}{dt}(\omega \cdot h) = h \cdot \varepsilon; \quad a_n = \frac{(\omega \cdot h)^2}{h} = \omega^2 \cdot h. \qquad (37)$$

M nuqtaning to‘liq tezlanishining miqdori: $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = h \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$

(38)

va yo‘nalishi $$tg\mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2} \qquad (39)$$

Yuqoridagi formulalardan aniqlanadi. (37), (38) hamda (39) formulalar aylanma harakatdagi jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofaga proporsional ekanligini ifodalaydi. a_n tezlanishi hamma vaqt aylanish markaziga qarab yo‘naladi, ammo urinma tezlanish yo‘nalishi harakatning tezlanuvchan yoki sekinlanuvchanligiga bog‘liq bo‘ladi. $\varepsilon > 0$ bo‘lsa, harakat tezlanuvchan bo‘lib, a_τ bilan ϑ bir yo‘nalishda, $\varepsilon < 0$ bo‘lsa, harakat sekinlanuvchan bo‘lib, a_τ, ϑ ga teskari yo‘naladi.



11-shakl

4.Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jism nuqtasining tezligi va tezlanishining vektor ifodalari

Qattiq jism ixtiyoriy M nuqtasining holati O nuqtaga nisbatan $\bar{r} = \overline{OM}$ radius vektor bilan aniqlanadi (11-shakl). M nuqtaning tezligini (36) formulaga muvofiq $\vartheta = O_1M \cdot \omega$ ga teng, 11-shakldan $O_1M = r \cdot \sin(\bar{\varpi} \wedge \bar{r})$,

buni e’tiborga olsak, $\vartheta = \omega r\, sin(\omega \wedge r)$ bo‘ladi. $\bar{\vartheta}$ tezlik vektori $\bar{r}$ radius vektor bilan $\bar{\omega}$ burchak tezlik vektorlar yotgan tekislikka tik yo‘naladi (11-shakl).

Ikki vektorning vektor ko‘paytmasi moduli

$$\vartheta = \omega \cdot r\, sin(\omega \wedge r)$$

bo‘lgani uchun $\quad \bar{\vartheta} = \bar{\omega} \times \bar{r} \qquad (40)$

bo‘ladi.

Demak, aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezlik vektori $\bar{\vartheta}$ burchak tezlik vektori ϖ bilan nuqta radius vektori $\bar{r}$ ning vektorli ko‘paytmasiga teng, yo‘nalishi aylanma harakat yo‘nalishida ϖ bilan $\bar{r}$ yotgan tekislikka tik yo‘naladi. (40) tenglikka ***Eyler formulasi*** deyiladi. M nuqtaning tezlanishini topishimiz uchun (40) tenglikdan vaqt bo‘yicha hosila olamiz.

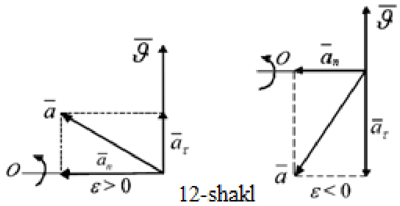
$$\bar{a} = \frac{d\bar{\vartheta}}{dt} = \frac{d}{dt}(\bar{\omega} \times \bar{r}) = \frac{d\bar{\omega}}{dt} \times \bar{r} + \bar{\omega} \times \frac{d\bar{r}}{dt}$$

Bunda $\bar{\vartheta} = \dfrac{d\bar{r}}{dt}$ va $\dfrac{d\bar{\varpi}}{dt} = \bar{\varepsilon}$ bo‘lgani uchun $\quad \bar{a} = \bar{\varepsilon} \times \bar{r} + \bar{\omega} \times \bar{\vartheta}. \qquad (41)$

(41) tenglikdan $\bar{\varepsilon} \times \bar{r}$ vektor $\bar{\varepsilon}$ bilan $\bar{r}$ vektorlar yotgan tekislikka tik, nuqta trayektoriyasiga urinma bo‘ylab yo‘naladi. Tezlanishning bu qismi urinma tezlanish vektori bo‘ladi:

$$\bar{a}_\tau = \bar{\varepsilon} \times \bar{r}.$$

Bu vektor ε ning ishorasiga qarab $\bar{\vartheta}$ bilan bir yoki $\bar{\vartheta}$ ga qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘ladi. (41) tezlanishning ikkinchi qismi $\bar{\omega} \times \bar{\vartheta}$ ni tekshiramiz, $\bar{\omega} \perp \bar{\vartheta}$ bo‘lgani uchun $\left| \bar{\omega} \times \bar{\vartheta} \right| = \omega \cdot \vartheta = \omega^2 \cdot h = a_n$. Demak,



12-shakl

$\bar{a}_n = \bar{\omega} \times \bar{\vartheta}$ bu normal tezlanish a bilan ϑ yotgan tekislikka tik ravishda M nuqtadan O nuqtaga yo‘naladi. To‘la tezlanish vektori (41) quyidagicha yoziladi:

$$\bar{a} = \bar{\varepsilon} \times \bar{r} + \bar{\varpi} \times \bar{\vartheta} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n.$$

Demak, aylanma harakatdagi jism nuqtasining to'la tezlanishi urinma va normal tezlanishlarining geometrik yig'indisiga teng (12-shakl).

Takrorlash uchun savollar

1.Qattiq jismning qanday harakati ilgarilanma harakat deyiladi?
2.Jismning ilgarilanma harakatida uning nuqtalari trayektoriyasi aylanadan iborat bo'lishi mumkinmi?
3.Qattiq jimsning ilgarilnma harakati qanday xossalarga ega?
4.Qattiq jimsning qanday harakati qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat deyiladi? Qattiq jism nuqtasi trayektoriyasi nimadan iborat bo'ladi?
5.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat tenglamasi qanday?
6.Burchak tezlik, burchak tezlanish nima?
7.Burchak vektori va burchak tezlanishi vektori qanday bo'ladi?
8.Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jism nuqtasi tezligi qanday aniqlanadi?
9.Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jism nuqtasi tezlanishi qanday aniqlanadi? Urinma va normal tezlanishlarchi?
10.Agar A nuqta disk markazidan B nuqtaga nisbatan ikki marta uzoqroq joylashgan bo'lsa, diskning A nuqtasi tezlanishi B nuqtasi tezlanishidan necha marta katta bo'ladi?

10-mavzu. 11-mavzu.

QATTIQ JISMNING TEKIS-PARALLEL HARAKATI

Reja : ***1.****Qattiq jismning tekis-parallel harakati ta'rifi.Qattiq jismning tekis-paralle harakati haqidagi teorema.*

2.Tekis shaklning harakat tenglamalari.

3.Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb va proeksilar usulida aniqlash.

4.Tezliklar oniy markazi.Tezliklar oniy markazini aniqlash usullari.

5.Tekis shakl nuqtalarining tezliklarini tezliklar oniy markazi yordamida aniqlash.

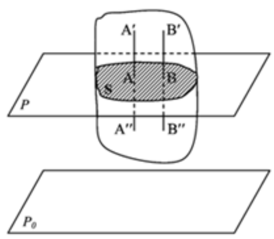
6.Tekis shakl nuqtasining tezlanishi.

Tayanch so'zlar va iboralar:

Tekis shakl,qutb nuqta, qutb usuli, tezliklar oniy markazi

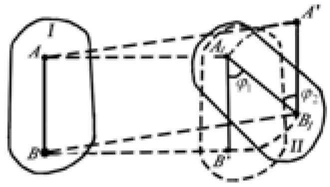
1.Qattiq jismning tekis-parallel harakatini aniqlash

Qattiq jism harakatlanganda uning hamma nuqtalari biror qo'zg'almas tekislikka parallel tekisliklarda harakatlansa qattiq jismning bunday harakatiga ***tekis-parallel harakat*** deyiladi (13-shakl). Jismni P_0 tekislikka parallel bo'lgan ixtiyoriy P tekislik bilan qirqamiz. Natijada P tekislikda S qirqim yuza hosil bo'ladi. Bu yuzani **tekis shakl** deb ataladi. Tekis shakl hamma vaqt P tekislikda harakatlanadi. Jismning tekis parallel harakatida, S yuzaning A nuqtasidan P



13-shakl

tekislikka tik bo‘lgan $A'A''$ kesma ilgarilanma harakat qiladi va unda yotgan barcha nuqtalar birday harakatlanadi, shuning uchun bu kesmaning harakati A nuqtaning harakati bilan aniqlanadi. Demak, jismning tekis parallel harakatini o‘rganish S tekis shaklning P tekislikda qiladigan harakatini o‘rganishdan iborat. Tekis shakl harakatlanadigan tekislikka ***tekis shaklning harakat tekisligi***deyiladi.



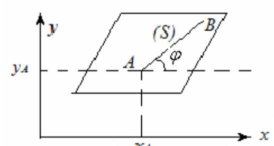
14-shakl

Teorema.***Tekis shaklning harakat tekisligidagi har qanday harakatini ixtiyoriy tanlab olingan qutb nuqtasining harakati bilan ilgarilanma harakatdan va shu qutb nuqta atrofida aylanma harakatlardan tashkil topgan deb qarash mumkin*****(14-shakl).**

Tekis shakl S ning qo‘zg‘almas koordinata sistemasiga nisbatan vaziyati unda olingan ixtiyoriy ikkita nuqtasini tutashtiruvchi ABkesmaning vaziyati bilan aniqlanadi. Tekis shakl harakatini o‘rganishda kinematik xarakteristikalari va’lym bo‘lgan nuqtaga bog’lab organish qulaydir.Bunday nuqtaga ***qutb nuqta*** deyiladi.

Faraz qilaylik, S tekis shakl t vaqtda 1-holatda bo‘lib uning holati AB kesma bilan aniqlansin, t+Δt vaqtda II holatga ko‘chib, AB kesma A_1B_1holatni oladi. A nuqtani qutb deb olamiz. AB kesmagailgarilanma harakat beramiz, shunda AB kesma A_1B' holatga keladi. A_1B' ni A_1 nuqta atrofida $<B_1A_1B' = \varphi_1$ ga aylantirsak, A_1B' kesma A_1B_1 holatga ko‘chadi. Tekis shakl S birinchi holatdan ikkinchi holatga o‘tadi. Endi B nuqtani qutb deb olamiz. B nuqta B_1 holatga kelguncha S tekis shaklga ilgarilanma harakat beramiz. Bu holda AB kesma AB_1holatga o‘tadi. B nuqta atrofida $\angle A'B_1A_1 = \varphi_2$ burchakka aylantirsak, AB kesma A_1B_1 holatga keladi. Har ikki holda tekis shaklni birinchi holatdan ikkinchi holatga ko‘chishi ikki harakat natijasida bajarilishini ko‘rdik. Bu tekis shaklning harakat tekisligida ko‘chishiga doir teoremani ifodalaydi.

A va Blar ixtiyoriy nuqtalar bo‘lgani uchun qutb nuqtani tanlab olish ixtiyoriy bo‘ladi. Tekis shaklni ilgarilanma harakati qutb nuqtani tanlab olishga bog‘liq. Har ikki holda $\angle B'AB_1 = \angle A'B_1A_1$: ya’ni $\varphi_1 = \varphi_2$. Bundan tekis shaklni har ikki qutb nuqta atrofida aylanish yo‘nalishi va aylanish burchagi bir xilda ekanligini ko‘ramiz. Demak, tekis shaklning ilgarilanma harakati qutb nuqtani tanlab olishga bog‘liq, ammo aylanma harakati qutb nuqtani tanlashga bog‘liq bo‘lmaydi.



15-shakl

2. Tekis shaklning harakat tenglamalari

S tekis shaklning Oxy tekisligidagi holati shu shaklda olingan biror AB kesmaning holati bilan aniqlanadi. O‘z navbatida, agar A nuqtaning x_A, y_A

koordinatalari va AB kesma bilan Ox o‘qi orasidagi φ burchak ma'lum bo‘lsa, ABkesmaning holati aniq bo‘ladi (15-shakl). A nuqtani qutb deb ataladi. Jismning harakatida x_A, y_A, φ lar vaqtning funksiyasi sifatida o‘zgaradi, ya'ni:

$$x_A = f_1(t), \quad y_A = f_2(t), \quad \varphi = f_3(t) \tag{42}$$

bo‘ladi. x_A, y_A va φ lar vaqtning bir qiymatli, uzluksiz differensiallanuvchi funksiyasi bo‘ladi. (42) tenglamalar berilgan bo‘lsa, istalgan t vaqt uchun S ning Oxy tekisligidagi holati ma’lum bo‘ladi. (42) tenglamalar ***tekis shaklning harakat tenglamalari*** deyiladi. Agar harakat davomida φ =const bo‘lsa*S tekis shakl* ilgarilanma harakatda bo‘ladi. Agar x_A, y_A =const bo‘lsa, *Stekis shaklO*$_1$ nuqta atrofida aylanma harakat qiladi.

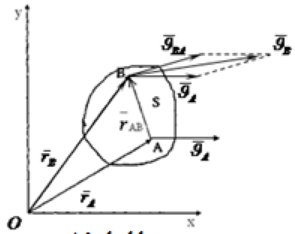
Agar (42) ning uchinchi tenglamasidan t vaqt bo‘yicha bir marta hosila olsak, S tekis shaklning O_1 nuqta atrofidagi aylanma harakat burchak tezligi ω ni va ikki marta hosila olsak, burchak tezlanishi ε ni topamiz: $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$; $\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

3.Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash

Teorema:*Tekis shaklning biror nuqtasining tezligi, qutb nuqtasining ilgarilanma harakat tezligi bilan qutb nuqta atrofidagi aylanma harakat tezliklarining geometrik yig‘indisiga teng*.

Isbot: Tekis shaklning Oxy tekisligidagi harakatini tekshiramiz (16-shakl). S ning biror A nuqtasini qutb uchun tanlab, uning radius vektorini $\bar{r}_A$ bilan belgilaymiz, S ning ixtiyoriy B nuqtasining radius vektori $\bar{r}_B$. Shakldan : $\vec{r}_B = \vec{r}_A + \vec{r}_{AB}$. (43)

Bunda $\bar{r}_{AB}$ B nuqtaning A nuqta atrofida aylanma harakat radius vektori. Nuqta harakatlanganda uning radius vektori t vaqtning funksiyasi sifatida o‘zgaradi. B nuqtaning tezligi (43) dan t vaqt bo‘yicha olingan hosilaga teng bo‘ladi. Ya’ni



16-shakl

$$\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \frac{d\bar{r}_A}{dt} + \frac{d\bar{r}_{BA}}{dt}, \tag{44}$$

$$\frac{d\bar{r}_B}{dt} = \bar{\vartheta}_B; \ \frac{d\bar{r}_A}{dt} = \bar{\vartheta}_A; \ \frac{d\bar{r}_{BA}}{dt} = \bar{\vartheta}_{AB}$$

bunda $\bar{\vartheta}_{AB}$ B nuqtaning A nuqta atrofidagi

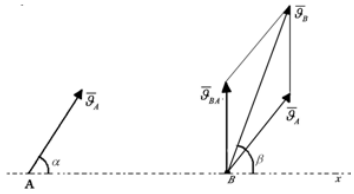
aylanma harakat tezligi: $\bar{\vartheta}_{BA} = \bar{\omega} \times \overline{AB}$. Bunda $\bar{\omega} \perp AB$ bo‘lgani uchun ϑ_{BA} ning miqdori $\vartheta_{BA} = \omega AB$ bo‘ladi. Bularning qiymatlarini (44) ga qo‘ysak quyidagi tenglikni olamiz:

$$\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA} \tag{45}$$

Teorema isbotlandi.

Proeksilar teoremasi

Teorema. *Tekis shakl ikki nuqtasining tezliklarini shu nuqtalarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqdan o'tuvchi o'qdagi proyeksiyalari o'zaro teng bo'ladi.*



17-shakl

Tekis shaklning $\bar{\vartheta}_A$ va $\bar{\vartheta}_B$ tezliklari berilgan bo'lsin (17-shakl). Shu tezliklarning *A* va B nuqtalarini tutashtiruvchi *Ax* yo'nalishiga proyeksiyasining tengligini ko'rsatsak, teoremani isbotlagan bo'lamiz. Buning uchun (45) ni *Ax* yo'nalishiga proyeksiyalaymiz:

$$pr_{AX}(\bar{\vartheta}_B) = pr_{AX}(\bar{\vartheta}_A) + pr_{AX}(\bar{\vartheta}_{BA}) \quad \text{Bunda}$$

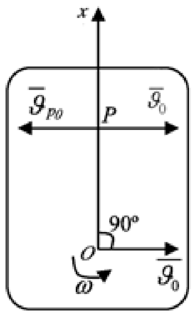
$\bar{\vartheta}_{BA} \perp AB$ bo'lgani uchun $pr_{AX}(\bar{\vartheta}_{BA}) = 0$.

Demak, $\quad pr_{AX}(\bar{\vartheta}_B) = pr_{AX}(\bar{\vartheta}_A)$, yoki

$$\vartheta_A \cos\alpha = \vartheta_B \cos\beta \quad \text{bo'ladi.}$$

Teorema isbotlandi.

4.Tezliklar oniy markazi



18-shakl

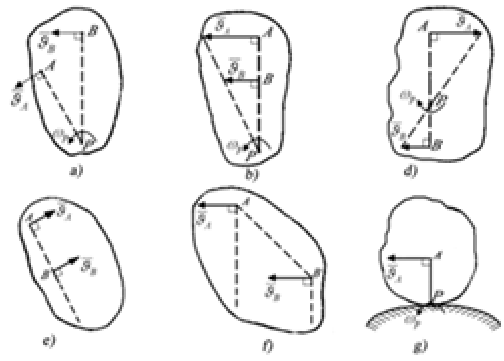
Berilgan onda tezligi nolga teng bo'lgan tekis shakl nuqtasiga ***tezliklar oniy markazi*** deb ataladi. Tekis shaklning bunday nuqtasini topish uchun (45) formuladan foydalanamiz. Tekis shaklning biror *O* nuqtasining ϑ_0 ilgarilanma harakat tezligi va shu *O* nuqta atrofidagi aylanma harakat ω burchak tezligi berilgan bo'lsin. *O* nuqtani qutb nuqta deb olamiz. *O* nuqtadan $\bar{\vartheta}_o$ ga aylanma harakat yo'nalishiga tik chiziq o'tkazamiz (18-shakl). O'tkazilgan to'g'ri chiziq ustida shunday *P* nuqta topamizki, uning aylanish tezligi ϑ_{PO} miqdor jihatidan qutb nuqta tezligiga teng bo'lsin, ya'ni $\vartheta_0 = \vartheta_{PO}$ yo'nalishi unga qarama-qarshi bo'lsin $\bar{\vartheta}_0 = -\bar{\vartheta}_{P0}$. Bu xolda $\bar{\vartheta}_P = \bar{\vartheta}_O + \bar{\vartheta}_{PO}$ bo'ladi. Shunday qilib, shu onda *P* nuqta tekis shaklning tezliklar oniy markazi bo'ladi.

$v_{PO} = \omega \cdot OP$, ikkinchi tomondan $\vartheta_{PO} = \vartheta_0$ bu holda

$\omega OP = \vartheta_0$ bo'ladi.

Bundan, $\quad OP = v_0 / \omega$

(46)



19-shakl

Demak, tekis shaklning tezliklar oniy markazi, qutb nuqtadan uning tezligiga aylanish yo'nalishda tik o'tgan to'g'ri chiziqda qutb nuqtasidan $\dfrac{\vartheta_0}{\omega}$ masofada joylashgan bo'lar ekan. Tezliklar oniy markazini aniqlash usullari

1. Agar tekis shaklning biror *A* nuqtasining ϑ_A tezligi va ikkinchi *B* nuqtasining ϑ_B tezligining yo‘nalishi berilgan bo‘lsa, tezliklar oniy markazi shu *A* va *B* nuqtalardan tezliklarga o‘tkazilgan tik chiziqlarni kesishgan nuqtasida bo‘ladi (19- *a* shakl,);

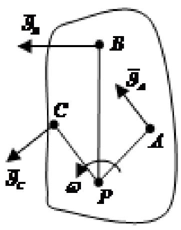
2. Agar tekis shaklni ikki *A* va *B* nuqtalarini $\overline{\vartheta}_A, \overline{\vartheta}_B$ tezliklari shu nuqtalarni tutashtiruvchi *AB* ga tik, miqdorlari farqli bo‘lsa ($\vartheta_A \neq \vartheta_B$),
tezliklar oniy markazi tezliklarning uchini tutashtiruvchi chiziq bilan *AB* chiziqni davomining kesishgan nuqtasida bo‘ladi (19- *b, d,* shakl);
3. Agar tekis shaklning *A* va *B* nuqtalarining tezliklari teng va parallel bo‘lsa, tezliklar oniy markazi ($AP=\infty$) cheksizlikda bo‘ladi. Shu onda tekis shakl oniy ilgarilanma harakat qiladi (19- e,*f* shakl).
4.Amaliyotda ko‘pincha tekis shakl *S* qo‘zg‘almas egri chizig‘i ustida sirpanmasdan dumalaydi. Bu holda S ning egri chiziqqa tegib turgan nuqtasining tezligi nolga teng bo‘ladi. Shu nuqta mazkur on uchun oniy markaz bo‘ladi (19- g shakl).

5.Tekis shakl nuqtalarining tezliklarini tezliklar oniy markazi yordamida aniqlash

Berilgan onda tekis shaklning oniy markazi *P* ma’lum bo‘lsin. *P* ni qutb nuqta uchun olib, (43) formulaga muvofiq tekis shaklning *A*, *B, C* nuqtalari tezliklarini topamiz:

$$\overline{v}_A = \overline{v}_P + \overline{v}_{AP}, \quad \overline{v}_B = \overline{v}_P + \overline{v}_{BP}, \quad \overline{v}_C = \overline{v}_P + \overline{v}_{CP},$$

Bu yerda $\vartheta_P=0$ bo‘lgani uchun $\vartheta_A=\omega_p AP$, $\vartheta_B=\omega_p BP$, $\vartheta_C=\omega_p CP$
(47)
yo‘nalishlari $\overline{\vartheta}_A \perp AP\ \overline{\vartheta}_B \perp BP\ \overline{\vartheta}_C \perp CP$.



20-shakl

Agar tekis shaklning olingan onda oniy markazi ma’lum bo‘lsa, tekis shakl nuqtalarining shu ondagi tezliklari, oniy markazi atrofida xuddi oniy aylanma harakatdagi jism nuqtalarining tezliklari kabi topiladi. Demak, tekis shaklning oniy markazi ma’lum bo‘lganda, uning nuqtalari tezliklarining miqdorlari tekis shaklning aylanma harakat burchak tezligini nuqtalardan oniy markazgacha bo‘lgan masofalariga ko‘paytmasiga teng bo‘ladi.
Tezliklar mos ravishda shu oraliqlarga aylanma harakat yo‘nalishlarda tik yo‘nalgan bo‘ladilar (20-shakl).
(19-shakl) dan tekis shakl nuqtalarining oniy paytdagi tezliklari orasidagi munosabatni aniqlaymiz

$$\frac{\vartheta_A}{AP} = \frac{\vartheta_B}{BP} = \frac{\vartheta_C}{CP} \tag{48}$$

*6. **Tekis shakl nuqtasining tezlanishi***

Teorema:*tekis shaklning istalgan B nuqtasining tezlanishi ixtiyoriy ravishda tanlab olingan A qutb nuqtani ilgarilanma harakat tezlanishi bilan qutb nuqta atrofida aylanma harakat tezlanishlarining geometrik yig'indisiga teng.*

Tekis shaklning A nuqtqsini qutb deb olsak, ixtiyoriy B nuqtasining tezligi qyidagicha bo'ladi: $\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{\omega} \times \overline{AB}$ (49)

(49) formuladan vaqt bo'icha hosila olamiz: $\frac{d\bar{v}_B}{dt} = \frac{d\bar{v}_A}{dt} + \frac{d\bar{\omega}}{dt} \times \overline{AB} + \bar{\omega} \times \frac{d\overline{AB}}{dt}$ (50)

yoki $\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{\varepsilon} \times \overline{AB} + \bar{\omega} \times \bar{v}_{BA}$ (51)

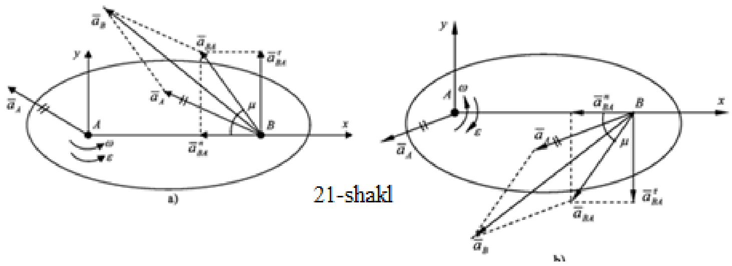
Bu formulani quidagicha yozamiz $\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau$ (52)

yoki $\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}$ (53)

Bu tenglikdagi $\bar{a}_A - S$ tekis shakldan ixtiyoriy tanlab olingan qutb nuqtasining ilgarilanma harakat tezlanishi, $\bar{a}_{BA}$ esa B nuqtaning O qutb nuqta atrofidagi aylanma harakat tezlanishini ifodalaydi. Teorema isbotlandi. $a_{BA}^\tau = \varepsilon \cdot AB,\ a_{BA}^n = \omega^2 \cdot AB$ (54)

(54)ni hisobga olsak, aylanish radiusi AB bilan a_{BA} ni tashkil etgan burchagini μ bilan belgilasak, quyidagi tenglikni olamiz:

$$tg\mu = \frac{|a_{BA}^\tau|}{a_{BA}^n} = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}. \quad (55)$$

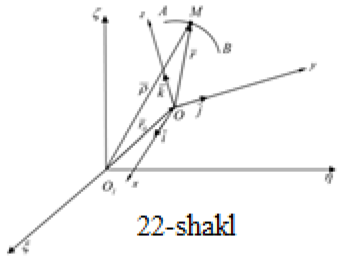


21-shakl

Takrorlash uchun savollar

1. *Qattiq jismning qanday harakati tekis parallel harakat deyiladi?*
2. *Tekis parallel harakat tenglamalari qanday?*
3. *Tekis shaklning ilgarilanma hamda aylanma harakatlari qutb nuqtaning tanlanishiga bog'liqmi?*
4. *Tekis shakl harakat tenglamalariga asosan qutb nuqtaning tezligi va burchak tezlanishi qanday aniqlanadi?*
5. *Tekis shaklning ixtiyoriy nuqtasi tezligi va qutb nuqtasi tezligi orasida qanday bog'lanish mavjud?*

6. *Agar ϑ_A AB to'gri chiziq bilan 45^0, ϑ_B esa 15^0 hosil qilsa, tekis shaklning A va B nuqtalaridan qaysinisi kattaroq tezlikka ega bo'ladi?*



22-shakl

7. *Tekis shaklning tezliklar oniy markazi nima? Tezliklar oniy markazi turli hollarda qanday aniqlanadi?*
8. *Agar tekis shakl oniy ilgarilanma harakat qilsa, uning tezliklar oniy markazi qayerda joylashadi?*
9. *Tekis shakl nuqtalari tezligi, qutb nuqtasiga nisbatan qanday qonun bo'yicha taqsimlanadi?*
10. *Qo'zg'olmas sirt ustida dumalovchi g'ildirakning qaysi nuqtasi eng katta tezlikka ega?*
11. *Tekis shakl nuqtasi tezlanishi qanday aniqlanadi?*
12. $\bar{a}_{BA}^{n}$ *ва* $\bar{a}_{BA}^{\tau}$ *tezlanishlar qanday aniqlanadi?*
13. *Agar tekis shakl oniy ilgarilanma harakat bo'lib, A nuqta tezlanish AB ga perpendikular yo'nalgan bo'lsa, tekis shakl B nuqtasi tezlanishi qanday yo'nalishga ega?*
14. *Agar A nuqta tezlanishi nolga teng bo'lib, B nuqta tezlanishi AB to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalgan bo'lsa, tekis shaklning burchak tezlanishi qanday bo'ladi?*

12-mavzu. NUQTANING MURAKKAB HARAKATI

Reja **1.***Nuqtaningnisbiy, ko'chirmavamutlaqharakatlari.*

2. Murakkab harakatdagi nuqtaning tezligi.

3. Tezlanishlarni qo'shish teoremasi (Koriolis teoremasi.)

4.Koriolis tezlanishi.

Tayanch so'zlar va iboralar:

Nisbiyq haraka, ko'chirma harakat, mutlaq harakat, nisbiy harakat trayektoriyasi,nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik, mutlaq tezliknisbiy tezlanish, ko'chirma tezlanish, mutlaq tezlanish.

1.Nuqtaning nisbiy, ko'chirma va mutlaq harakatlari

Nuqta ikki va undan ortiq harakatda ishtirok etsa, uning bunday harakati ***murakkab harakat*** deb ataladi. Qattiq jismning harakatini qo'zg'aluvchi hamda qo'zg'almas koordinatalar sistemalariga nisbatan tekshiriramiz.Masalan: Kema palubasida harakatlanuvchi jismning daryo qirg‘og‘iga nisbatan harakati murakkab harakatdan iborat. Palubadagi jismning harakatini bevosita daryo qirg‘og‘iga nisbatan tekshirib bo‘lmaydi. Bu harakatni kema bilan bog‘langan qo‘zg‘aluvchi hamda qirg‘oq bilan biriktirilgan qo‘zg‘almas koordinatalar sistemalariga nisbatan tekshirsak, harakatlanuvchi jismning murakkab harakatini ikki oddiy harakatlarga keltirib tekshirgan bo‘lamiz.

Nuqtaning qo‘zg‘almas O_1,ξ,η,ζ sistemasiga nisbatan murakkab harakatini tekshiramiz. Buning uchun O_1,ξ,η,ζ ga nisbatan harakatlanuvchi $Oxyz$ koordinatalar sistemasini olamiz (8.1-shakl).

M nuqtaning shu ikki sistemaga nisbatan harakatini tekshiramiz. Shu ikki sistemaga nisbatan M nuqtaning harakati ikki xil bo‘ladi.

Bu ikki harakatni bir-biridan farq qilish uchun quyidagi belgilashlar kiritiladi. Harakatlanuvchi M nuqtaning qo‘zg‘aluvchi $Oxyz$ sistemasiga nisbatan harakatiga ***nisbiy harakat***deyiladi. M nuqtani qo‘zg‘aluvchi sistemaga nisbatan harakatsiz deb qarab, shu sistema bilan birgalikda qo‘zg‘almas $O_1\xi\eta\zeta$ sistemaga nisbatan harakatiga ***ko‘chirma harakat*** deyiladi. Harakatlanuvchi M nuqtani bevosita qo‘zg‘almas koordinata sistemasiga nisbatan harakatiga ***murakkab*** yoki ***mutlaq harakat*** deyiladi. Nuqtaning nisbiy harakatini tekshirilganda, qo‘zg‘aluvchi koordinata sistemasini harakatda ekanligini nazarda tutib, harakatini faqat shu sistemaga nisbatan kuzatiladi. Bu kuzatilgan harakat trayektoriyasiga ***nisbiy harakat trayektoriyasi*** deyiladi. Nisbiy trayektoriya bo‘ylab nuqtaning tezligiga nisbiy tezlik, nisbiy tezlikning o‘zgarishini ifodalovchi tezlanishga ***nisbiy tezlanish*** deyiladi. Nisbiy tezlikni $\bar{\vartheta}_r$ va nisbiy ezlanishni $\bar{a}_r$ bilan belgilanadi. Keltirilgan misol kema palubasida harakatlanayotgan jism (nuqta)ning nisbiy harakatiga faqat kemaga (kema bilan bog‘langan sistemaga) nisbatan kuzatiladi.

Jismning kemaga nisbatan tezligi nisbiy tezlik, tezlanishi nisbiy tezlanish bo‘ladi. Harakat kuzatilayotgan paytda M nuqta qo‘zg‘aluvchi $Oxyz$ koordinatalar sistemasiga biror nuqtasi bilan ustma-ust tushgan deb qarab, shu nuqtaning tezligiga ***ko‘chirma tezlik*** va ***tezlanishiga ko‘chirma tezlanish*** deyiladi. Ko‘chirma tezlikni $\bar{\vartheta}_e$, tezlanishni $\bar{a}_e$ deb belgilanadi. Keltirilgan misolda jism (nuqta) kesmaning biror nuqtasida joylashgan deb qarab, jismning kema bilan qirg‘oqqa nisbatan harakati ko‘chirma harakat bo‘ladi.

Nuqtaning bevosita O_1,ξ,η,ζ qo‘zg‘almas sistemasiga nisbatan mutlaq harakati tezligiga ***mutlaq tezlik***, tezlanishiga mutlaq tezlanish deyiladi. Mutlaq tezlikni $\bar{\vartheta}_a$, mutlaq tezlanishni $\bar{a}_a$ bilan belgilanadi. Keltirilgan misolda kema palubasida harakatlanayotgan jism (nuqta)ni to‘g‘ridan-to‘g‘ri daryo qirg‘og‘i bilan bog‘langan koordinata sistemasiga nisbatan harakati mutlaq harakat bo‘ladi.

Qo‘zg‘aluvchi *Oxyz* koordinatalar sistemasiga nuqtaning holatini aniqlovchi *x,y,z* koordinatalari vaqtning funksiyalari $x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t)$ (56)

shakldа berilgan bo‘lsa, nuqtaning qo‘zg‘aluvchi koordinata sistemasiga nisbatan istalgan paytdagi holatini-harakatini aniqlash mumkin (22-shaklga qarang). (56) dan vaqt *t* ni chiqarib tashlasak, nuqtaning nisbiy harakat trayektoriyasi tenglamasini olamiz. Bu trayektoriya vaqt o‘tishi bilan qo‘zg‘aluvchi sistema bilan birgalikda qo‘zg‘almas sistemaga nisbatan harakatlanadi. Odatdagi harakat sifatida (56) dan vaqt bo‘yicha bir marta hosila olsak, nisbiy tezlikning tegishli koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini aniqlaydigan tengliklarni olamiz,yana bir marta vaqt bo‘yicha hosilani olsak, nisbiy tezlanishning proyeksiyalarini aniqlaydigan tengliklarni olamiz Qo‘zg‘aluvchi *Oxyz* koordinata sistemasining koordinata o‘qlarining birlik vektorlarini $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ deb belgilab, ϑ_r ni a_r ni quyidagi ko‘rinishlarda yozamiz:

$$\vartheta_r = \vartheta_{rx}\bar{i} + \vartheta_{ry}\bar{j} + \vartheta_{rz}\bar{k} \tag{57}$$

$$a_r = a_{rx}\bar{i} + a_{ry}\bar{j} + a_{rz}\bar{k} \tag{58}$$

Ko‘chirma va mutlaq harakatlarning tezlik hamda tezlanishlari harakatlanuvchi *Oxyz* sistemaning harakatiga bog‘liq bo‘ladi.

2.Murakkab harakatdagi nuqtaning tezligi

Qo‘zg‘aluvchi *Oxyz* koordinata sistemasi qo‘zg‘almas O_1, ξ, η, ζ sistemaga nisbatan $\bar{\vartheta}_0$ tezlik bilan ilgarilanma harakat qilsin deylik, harakatlanuvchi *M* nuqtaning *Oxyz* ga nisbatan nisbiy harakat tenglamalari (56) da berilgan bo‘lib, harakat tekshirilayotgan onda uning nisbiy harakat trayektoriyasi *AB* egri chiziqdan iborat bo‘ladi. O_1, ξ, η, ζ qo‘zg‘almas sistemaga nisbatan $\overline{OO_1} = \bar{r}_0(t)$, hamda $\overline{OM} = \bar{\rho}(t)$ deb belgilasak, *M* nuqtaning murakkab harakat radius vektori 22-shakldagi

$$\bar{\rho} = \bar{r}_0 + \bar{r} \tag{59}$$

ga teng. Agar $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ larni qo‘zg‘aluvchi koordinata o‘qlarining birlik vektorlari desak, nisbiy harakat radius vektorini

$$\bar{r} = x \cdot \bar{i} + y \cdot \bar{j} + z \cdot \bar{k} \tag{60}$$

ko‘rinishda yozish mumkin. $\bar{\rho} = \bar{r}_0 + \bar{r}$ ni quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$\bar{\rho} = \bar{r}_0 + x \cdot \bar{i} + y \cdot \bar{j} + z \cdot \bar{k} \tag{61}$$

Bu tenglikdagi $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ larning yo‘nalish o‘zgaruvchi vektorlar ekanligini e’tiborga olib, (8.8) dan *t* vaqt bo‘yicha birinchi tartibli hosila olamiz:

$$\frac{d\bar{\rho}}{dt} = \frac{d\bar{r}_0}{dt} + \frac{dx}{dt}\bar{i} + \frac{dy}{dt}\bar{j} + \frac{dz}{dt}\bar{k} + \left(x\frac{d\bar{i}}{dt} + y\frac{d\bar{j}}{dt} + z\frac{d\bar{k}}{dt} \right) \qquad (62)$$

bundan
$$\frac{d\bar{\rho}}{dt} = \bar{\vartheta}_a; \quad \frac{d\bar{r}_0}{dt} = \bar{\vartheta}_0. \qquad (63)$$

Eyler formulalariga asosan

$$\frac{d\bar{i}}{dt} = \bar{\omega} \times \bar{i}, \quad \frac{d\bar{j}}{dt} = \bar{\omega} \times \bar{j}, \quad \frac{d\bar{k}}{dt} = \bar{\omega} \times \bar{k} \qquad (64)$$

Euqoridagi formulalarni hisobga olsak, (62) quyidagicha yoziladi:

$$\bar{\vartheta}_a = \bar{\vartheta}_r + \bar{\vartheta}_o + \bar{\omega}_e \times \left(x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k} \right). \qquad (65)$$

$$\bar{\vartheta}_a = \bar{\vartheta}_r + \bar{\vartheta}_o + \bar{\omega}_e \times \bar{r}. \qquad (66)$$

Bunda
$$\bar{\omega}_e \times \bar{r} = \bar{\omega}_e \times \left(x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k} \right):$$

M nuqtaning ko‘chirma tezligi quyidagi ifodaga teng.

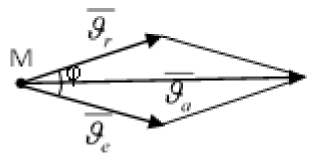
$$\bar{\vartheta}_e = \bar{\vartheta}_o + \bar{\omega}_e \times \bar{r}. \qquad (67)$$

Agar ko‘chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo‘lsa, $\bar{\vartheta}_e = \bar{\vartheta}_o$, qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdan iborat bo‘lsa, $\bar{\vartheta}_e = \bar{\omega}_e \times \bar{r}$ bo‘ladi.

Shunday qilib,
$$\bar{\vartheta}_a = \bar{\vartheta}_r + \bar{\vartheta}_e. \qquad (68)$$

Bunda (68) tenglik tezliklarni qo‘shish teoremasini ifodalaydi.

Teorema. Nuqtaning murakkab harakatida uning mutlaq tezligi ko‘chirma va nisbiy tezliklarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi (23-shakl). Boshqacha aytganda mutlaq tezligi ko‘chirma va nisbiy tezlik vektorlariga qurilgan parallelogramm diagonaliga teng bo‘ladi.



23-shakl

Agar $\bar{\vartheta}_e$, $\bar{\vartheta}_r$ tezliklar qiymati va ular orasidagi burchak berilgan bo‘lsa, mutlaq tezlik moduli quyidagicha aniqlanadi:

$$\vartheta_a = \sqrt{\vartheta_e^2 + \vartheta_r^2 + 2\vartheta_e\,\vartheta_r\,\cos\varphi}.$$

Agar:

a) φ=0° bo‘lsa, $\vartheta_a = \vartheta_e + \vartheta_r$,

b) φ=90° bo‘lsa, $\vartheta_a = \sqrt{\vartheta_e^2 + \vartheta_r^2}$,

d) φ=180° bo‘lsa, $\vartheta_a = \left|\vartheta_e - \vartheta_r\right|$.

3.Tezlanishlarni qo‘shish teoremasi (Koriolis teoremasi)

M nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash uchun vaqt bo‘yicha hosila olamiz:

$$\frac{dv_a}{dt}=\frac{d^2\bar{r}_0}{dt^2}+\left(\frac{d^2x}{dt^2}\bar{i}+\frac{d^2y}{dt^2}\bar{j}+\frac{d^2z}{dt^2}\bar{k}\right)+2\left(\frac{dx}{dt}\frac{d\bar{i}}{dt}+\frac{dy}{dt}\frac{d\bar{j}}{dt}+\frac{dz}{dt}\frac{d\bar{k}}{dt}\right)+$$
$$x\frac{d^2\bar{i}}{dt^2}+y\frac{d^2\bar{j}}{dt^2}+z\frac{d^2\bar{k}}{dt^2} \qquad (69)$$

Bunda $\frac{d\bar{\vartheta}_a}{dt}=\bar{a}_a-M$ nuqtaning mutlaq tezlanishi.

$$\frac{d^2\bar{i}}{dt^2}=\frac{d}{dt}\left(\bar{\omega}_e\times\bar{i}\right)=\frac{d\bar{\omega}_e}{dt}\times\bar{i}+\bar{\omega}_e\times\frac{d\bar{i}}{dt}=\bar{\varepsilon}_e\times\bar{i}+\bar{\omega}_e\times\left(\bar{\omega}_e\times\bar{i}\right)$$
$$\frac{d^2\bar{j}}{dt^2}=\frac{d}{dt}\left(\bar{\omega}_e\times\bar{j}\right)=\frac{d\bar{\omega}_e}{dt}\times\bar{j}+\bar{\omega}_e\times\frac{d\bar{j}}{dt}=\bar{\varepsilon}_e\times\bar{j}+\bar{\omega}_e\times\left(\bar{\omega}_e\times\bar{j}\right)$$
$$\frac{d^2\bar{k}}{dt^2}=\frac{d}{dt}\left(\bar{\omega}_e\times\bar{k}\right)=\frac{d\bar{\omega}_e}{dt}\times\bar{k}+\bar{\omega}_e\times\frac{d\bar{k}}{dt}=\bar{\varepsilon}_e\times\bar{k}+\bar{\omega}_e\left(\bar{\omega}_e\times\bar{k}\right)$$

bo‘lib,
$$x\frac{d^2\bar{i}}{dt^2}+y\frac{d^2\bar{j}}{dt^2}+z\frac{d^2\bar{k}}{dt^2}=\bar{\varepsilon}_e\times\left(x\bar{i}+y\bar{j}+z\bar{k}\right)+\bar{\omega}_e\times$$
$$\times\left(x\bar{i}+y\bar{j}+z\bar{k}\right)=\bar{\varepsilon}_e\times\bar{r}+\bar{\omega}_e\times\left(\bar{\omega}_e\times\bar{r}\right)=\bar{a}_e^{\tau}+\bar{a}_e^{n}$$

$\frac{d^2\bar{r}_0}{dt^2}=\bar{a}_0-O$ qutbning tezlanishi.

$\bar{a}_e=\bar{a}_0+\bar{a}_e^{n}+\bar{a}_e^{\tau}$ $-$ M nuqtaning ko‘chirma tezlanishi bo‘lib, O nuqtaning tezlanishi hamda aylanma va o‘qqa intilma tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng:

nisbiy tezlanish. $$\bar{a}_r=\frac{d^2x}{dt^2}\bar{i}+\frac{d^2y}{dt^2}\bar{j}+\frac{d^2z}{dt^2}\bar{k} \qquad (70)$$

Koriolis tezlanishi. $$\bar{a}_k=2\left(\frac{dx}{dt}\frac{d\bar{i}}{dt}+\frac{dy}{dt}\frac{d\bar{j}}{dt}+\frac{dz}{dt}\frac{d\bar{k}}{dt}\right)=2(\bar{\omega}_e\times\bar{\vartheta}_r) \qquad (71)$$

Demak, *M* nuqtaning mutlaq tezlanishi quyidagicha hisoblanadi:

$$\bar{a}_a=\bar{a}_e+\bar{a}_r+\bar{a}_k. \qquad (72)$$

(72) Koriolis teoremasini ifodalaydi: ***ko‘chirma harakati ilgarilanma bo‘lmagan murakkab harakatdagi nuqtaning mutlaq tezlanishi uning nisbiy ko‘chirma va Koriolis tezlanishlarining geometrik yig‘indisiga teng.***

Agar ko‘chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo‘lsa (ω_e=0), (71) ga asosan Koriolis tezlanishi ($\bar{a}_k=0$) nolga teng bo‘ladi. Bu holda Koriolis teoremasi quyidagicha bo‘ladi.

Agar nuqtaning ko‘chirma harakati ilgarilanma harakatdan iborat bo‘lsa, uning mutlaq tezlanishi nisbiy va ko‘chirma tezlanishlarining geometrik yig‘indisidan iborat bo‘ladi.

$$\bar{a}_a=\bar{a}_r+\bar{a}_e. \qquad (73)$$

4. Koriolis tezlanishi

Koriolis tezlanishi ko‘chirma harakat burchak tezlik vektorining nisbiy harakat tezlik vektoriga vektorli ko‘paytmaning ikkilanganligiga teng:

$$\overline{a}_k = 2(\overline{\vartheta}_r \times \overline{\omega}_e). \qquad (74)$$

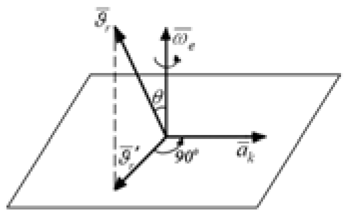
Koriolis tezlanishi nisbiy tezlikni ko‘chirma harakat ta’siridan, aksincha ko‘chirma harakat burchak tezligini nisbiy harakat ta’sirida o‘zgarishini xarakterlaydi. Agar ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lsa, $\omega_e = 0$, bu holda $a_k = 0$.

Koriolis tezlanishi hosil bo‘lmaydi. Ko‘chirma harakati aylanma bo‘lgan nuqta murakkab harakatiga tegishli masalani yechishda, ko‘chirma, nisbiy tezlanishlardan tashqari Koriolis tezlanishini ham hisoblash talab etiladi. (74) formuladan Koriolis tezlanishining miqdor va yo‘nalishini aniqlaymiz.

Agar $\overline{\omega}$ bilan $\overline{\vartheta}_r$ orasidagi θ burchak berilgan bo‘lsa, Koriolis tezlanish a_k ning miqdori, quyidagi tenglikdan topiladi. $a_k = 2\omega_e \vartheta_r \sin\theta.$

(75)

Koriolis tezlanishi ko‘chirma harakat ω_e-burchak tezlik vektori bilan ϑ_r nisbiy harakat tezlik vektorining vektor ko‘paytmasi yo‘nalishida yo‘nalgan $\overline{a}_k$ vektor bo‘lib, $\overline{\omega}$ bilan $\overline{\vartheta}_r$ yotgan tekislikka tik yo‘naladi. $\overline{a}_k$ ning yo‘nalishini aniqlash uchun $\overline{\omega}_e$ vektorni tezlanishi izlanayotgan M nuqtaga ko‘chiramiz.



24-shakl

Koriolis tezlanishi vektori uchidan qaraganda, vektor soat milining aylanishiga teskari aylanishda θ burchakka burib $\overline{\vartheta}_r$ vektor bilan bir yo‘nalishda ko‘rinishi kerak. Koriolis tezlanish yo‘nalishini quyidagi ***Jukovskiy qoidasi*** asosida aniqlanadi. Nisbiy tezlik vektorini ko‘chirma harakat burchak tezligi yo‘nalishiga perpendikular tekislikka proyeksiyalaymiz. Bu proyeksiya $\overline{\vartheta}_r'$ ni mazkur tekislikda ko‘chirma harakat aylanish yo‘nalishida 90° ga buramiz (24-shakl). Bu yo‘nalish Koriolis tezlanishining yo‘nalishidir.

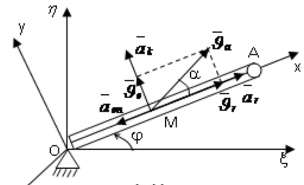
Quyidagi hollarni tekshiramiz:

1. Agar ϑ_r nisbiy tezlik, ko‘chirma harakat ω_e - burchak tezligiga tik yo‘nalgan bo‘lsa, Koriolis tezlanishining qiymati $a_k = 2\omega_e \vartheta_r$ ga teng bo‘ladi.

ϑ_r ni ω_e ga tik tekislikda aylanma harakat yo‘nalishida 90° ga aylantirsak, Koriolis tezlanishining yo‘nalishini olamiz.

2. Agar $\overline{\vartheta}_r\ \overline{\omega}_e$ ga parallel bo‘lsa, u holda $(\omega_e \hat{\ } \vartheta_r)=0$, yoki $(\omega_e \hat{\ } \vartheta_r)=180^o$ bo‘lib, $a_k=0$ bo‘ladi.

3. Ko‘chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo‘lsa, $\omega_e=0$ bo‘lib, $a_k=0$ bo‘ladi.



25-shakl

Masala.OA kulisa o‘zining O uchi atrofida o‘zgarmas $\omega=2s^{-1}$ burchak tezligi bilan aylanadi. M polzun OA kulisa bo‘ylab O dan A ga qarab S=OM=(2+3t^2) m qonun asosida harakat qiladi. Polzunning $t=1$ s dagi mutlaq tezligi va tezlanishi topilsin (25-shakl).

Yechish. O nuqta orqali $O\xi\eta$ qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasini hamda OA kulisa orqali OXqo‘zg‘aluvchi o‘qni o‘tkazamiz. M nuqtaning tezligini tezliklarni qo‘shish teoremasiga muvofiq aniqlaymiz:

$\overline{\vartheta}_a=\overline{\vartheta}_e+\overline{\vartheta}_r$. M nuqtaning nisbiy tezligini topish uchun uning OX bo‘ylab nisbiy harakat tenglamasi S=(2+3t^2) dan vaqt t

bo‘yicha hosila olamiz. ϑ_r=6 t m/s. ϑ_r tezlik M dan A ga

bo‘yicha hosila olamiz. ϑ_r=6 t m/s. ϑ_r tezlik M dan A ga qarab yo‘naladi. M polzunni OA kulisaga nisbatan harakatsiz deb qarasak, M ning kulisa bilan birgalikda qo‘zg‘almas O nuqta atrofidagi harakati ko‘chirma harakat bo‘ladi va uning tezligi $v_e=\omega|OM|=2\left(2+3t^2\right)m/s$

ga teng. ϑ_r aylanish yo‘nalishida, ya’ni $\vartheta_e\vartheta_r$, ϑ_a – moduli

$$\vartheta_a=\sqrt{\vartheta_r^2+\vartheta_e^2}=\sqrt{(4+6t^2)^2+(6t)^2}$$

tenglikdan topiladi t=1 s bo‘lganda ϑ_r=11,64 m/s α-burchak tangensi esa $tg\alpha=\dfrac{\vartheta_e}{\vartheta_r}=\dfrac{5}{3}$ ga teng bo‘ladi. α-burchak qiymatiga ko‘ra ϑ_a ning yo‘nalishi topiladi. M polzunning ko‘chirma harakati aylana bo‘ylab harakat bo‘lganidan uning mutlaq tezlanishi Koriolis teoremasidan aniqlanadi

$$\overline{a}_a=\overline{a}_r+\overline{a}_e+\overline{a}_k$$

demak, $\overline{a}_r$ -nisbiy, $\overline{a}_e$ -ko‘chirma va $\overline{a}_k$ -Koriolis tezlanishlarini aniqlashimiz kerak. Nisbiy harakat to‘g‘ri chiziqli bo‘lganida, uning tezlanishi nisbiy tezlikning t bo‘yicha hosilasiga teng:

$$a_r=\frac{d\vartheta_r}{dt}=6 \text{ m/s}^2.$$

Bunda a_r>0 bo‘lganidan nisbiy tezlanish nisbiy tezlik bo‘yicha yo‘nalgan. Ko‘chirma harakat kulisaning aylanma harakatidan iborat bo‘lganidan, M nuqtaning a_e-ko‘chirma harakat tezlanishi

$$\overline{a}_e=\overline{a}_{en}+\overline{a}_{e\tau}$$

formula asosida topiladi. Berilgan masalada, ko‘chirma harakat burchak tezligi ω_e-o‘zgarmas bo‘lganidan,

$$\varepsilon_e = \frac{d\omega_e}{dt} = 0$$

bo‘ladi. Bu holda $a_{e\tau} = \varepsilon_e |OM| = 0$; $a_e = a_{en} = \omega_e^2 |OM| = 4(2+3t)^2$ m/s^2.

Bu tezlanish *OA* bo‘ylab *M* dan *O* aylanish markaziga qarab yo‘naladi. Ko‘chirma harakat burchak tezlik vektori *O* nuqtadan shakl tekisligiga perpendikular o‘tgan o‘q bo‘ylab kuzatuvchi tomonga yo‘nalgandir, ya’ni $\overline{\omega}_e \perp \overline{\vartheta}_r$, bu holda a_k ning miqdori quyidagicha bo‘ladi.

$$a_k = 2\omega_e \vartheta_r = 24t \text{ m/s}^2$$

$\overline{\omega}_e \perp \overline{\vartheta}_r$ bo‘lganidan ϑ_r ni *M* nuqta atrofida aylanma harakat yo‘nalishida 90° ga aylantirsak, a_k ning yo‘nalishi topiladi. Mutlaq tezlanish modulini $a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2}$ formulasiga ko‘ra aniqlaymiz. 25-shakldan $a_{ax} = a_r - a_{en}$, $a_{ay} = a_k$. Shunga ko‘ra t=l s mutlaq tezlanishning moduli

$$a_a = \sqrt{(a_r - a_{en})^2 + a_k^2} = 27{,}8 \; m/s.$$

Takrorlash uchun savollar

1. *Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma, mutlaq harakatlari deb qanday harakatlarga aytiladi?*
2. *Nisbiy, ko‘chirma, mutlaq tezliklar orasida qanday bog‘lanish mavjud?*
3. *Qo‘zg‘almas sanoq sistemasiga nisbatan tinch turgan nuqtaning nisbiy va ko‘chirma tezliklari orasida qanday bog‘lanish mavjud?*
4. *Nuqtaning mutlaq tezlanishi qanday aniqlanadi?*
5. *Koriolis tezlanishi qanday aniqlanadi? Koriolis tezlanishi qanday hollarda nolga teng bo‘ladi?*
6. *Ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lgan holda nuqtaning mutlaq tezlanishi qanday aniqlanadi?*
7. *Nuqtaning mutlaq tezligi moduli qanday aniqlanadi?*
8. *Nuqta doira gardishi bo‘ylab, doiraga nisbatan, doira aylanishiga teskari tomonga harakatlanadi. Bu nuqtaning mutlaq tezligi qanday yo‘naladi?*
9. *Harakatdagi doira gardishi bo‘ylab, doira harakati yo‘nalishi bo‘yicha harakatlanuvchi nuqtaning Koriolis tezlanishi qanday yo‘naladi?*
10. *O‘z o‘qi atrofida tekis aylanuvchi silindrning yo‘naltiruvchisi bo‘ylab nuqta tekis harakat qiladi. Nuqtaning Koriolis tezlanishi nimaga teng?*

13-mavzu. QATTIQ JISMNING QO‘ZG‘ALMAS NUQTA ATROFIDA AYLANMA HARAKATI (SFERIK HARAKAT)

Reja*1.Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi aylanma harakat tenglamalari.*

2.Oniy burchak tezlik

3.Oniy burchak tezlanishi

4.Sferik harakatdagi jism nuqtasining tezligi

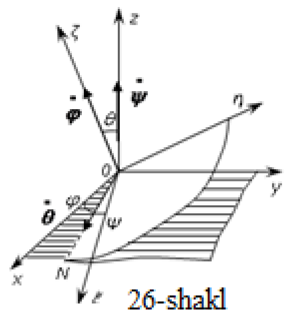
5.Sferik harakatdagi jism nuqtasining tezlanishi

.

Tayanch so‘zlar va iboralar:

Sferik harakattugunlar chizigiOniy burchak tezlik,Eyler burchaklari,Oniy burchak tezlanishi

1.Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi aylanma harakat tenglamalari.



26-shakl

Jism harakatlanayotganda uning bitta nuqtasi doimo qo‘zg‘almay qoladigan harakatga ***qo‘zg‘almas nuqta atrofida aylanma harakat*** yoki ***sferik harakat*** deyiladi.

Tayanch tekisligidagi nuqtasi qo‘zg‘almas bo‘lgan pildiroqning harakati yoki birgina sferik sharnirli bog‘lanish qo‘yilgan jismning harakati sferik harakatga misol bo‘la oladi. Sferik harakatni o‘rganish uchun jism bilan birga harakatlanadigan Oξης qo‘zg‘aluvchi koordinata sistemasi va *Oxyz* qo‘zg‘almas koordinata sistemasini o‘tkazamiz (26-shakl).

Jism bilan birga harakatlanuvchi Oξη tekislikning qo‘zg‘almas*Oxy* tekislik bilan kesishish chizig‘idan iborat *ON**tugunlar chizigi*** deyiladi.

Oξ va *ON* orasidagi burchak Ψ-pretssessiya burchagi, *Ox* va *ON* orasidagi burchak φ-sof aylanish burchagi, *Oz*va Oς orasidagi burchak θ-nutatsiya burchagi deyiladi. Ψ, φ, θ burchaklarning musbat yo‘nalishlari mos ravishda *Oz,* Oς va *ON* o‘qlar uchlaridan qaraganda bu burchaklarning o‘zgarishi soat mili aylanishiga teskari ko‘rinadigan qilib olinadi. Ψ, φ, θ – Eyler burchaklari deyiladi.

Eyler teoremasi. Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi ixtiyoriy ko‘chishini mazkur qo‘zg‘almas nuqtadan o‘tuvchi uchta o‘q atrofida ketma-ket uchta aylantirish bilan bajarish mumkin.

Jismning istalgan paytdagi holatini bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan uchta Eyler burchaklari vositasida aniqlash mumkin. Jismning harakati davomida bu burchaklar vaqtning uzluksiz funksiyasidan iborat bo‘ladi: $\psi = \psi(t), \quad \theta = \theta(t), \quad \varphi = \varphi(t)$. (76)

Bu tenglamalar qo‘zg‘almas nuqta atrofida aylanuvchi qattiq jismning kinematik tenglamalari yoki sferik harakat tenglamalari deyiladi.

2.Oniy burchak tezlik

Eyler-Dalamber teoremasi. Qo‘zg‘almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning bir holatdan ikkinchi holatga o‘tishini shu qo‘zg‘almas nuqtadan o‘tuvchi o‘q atrofida bir aylanish bilan bajarish mumkin.

Bu teoremaga ko‘ra jismning sferik harakati har onda o‘z holatini o‘zgartiruvchi va qo‘zg‘almas nuqtadan o‘tuvchi oniy o‘qlar atrofida oniy aylanishlar majmuasi deb qaralishi mumkin; bunda har bir oniy aylanish o‘qi atrofidagi oniy aylanishning burchak tezligi sferik harakatdagi jismning burchak tezligi deb qaraladi va $\overline{\omega}$ bilan belgilanadi; $\overline{\omega}$ - vektor oniy aylanish o‘qi bo‘ylab yo‘naltiriladi.

Harakat Eyler burchaklari orqali tekshiriladigan bo‘lsa, sferik harakatni har onda uchta kesishuvchi o‘qlar (*Oz*, Oζ, *ON*) atrofidagi oniy aylanma harakatlardan tashkil topgan deb qarash mumkin. Bu holda oniy burchak tezlikgi uchun $\overline{\omega} = \overline{\dot{\psi}} + \overline{\dot{\varphi}} + \overline{\dot{\theta}}$

o‘rinli bo‘lib, uning qo‘zg‘almas koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari quyidagi formulalardan topiladi.

$$\left.\begin{aligned} \omega_x &= \dot{\varphi}\sin\theta\cdot\sin\psi + \dot{\theta}\cos\psi, \\ \omega_y &= -\dot{\varphi}\sin\theta\cdot\cos\psi + \dot{\theta}\sin\varphi, \\ \omega_z &= \dot{\psi} + \dot{\varphi}\cos\theta. \end{aligned}\right\} \qquad (77)$$

Shuningdek oniy burchak tezligining qo‘zg‘aluvchi koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarni ham topish mumkin:

$$\left.\begin{aligned} \omega_\xi &= \dot{\psi}\sin\theta\cdot\sin\varphi + \dot{\theta}\cos\varphi, \\ \omega_\eta &= \dot{\psi}\sin\theta\cdot\cos\varphi + \dot{\theta}\sin\varphi, \\ \omega_\zeta &= \dot{\psi}\cos\theta + \dot{\varphi}. \end{aligned}\right\} \qquad (78)$$

(77) va (78) formulalar Eylerning kinematik tenglamalari deyiladi.

(77) va (78) ga ko‘ra, oniy burchak tezlikning miqdori quyidagicha topiladi:

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2} = \sqrt{\omega_\eta^2 + \omega_\xi^2 + \omega_\zeta^2} = \sqrt{\dot{\psi}^2 + \dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2 + 2\dot{\varphi}^2\,\dot{\psi}^2\cos\theta}. \qquad (79)$$

Burchak tezlikning yo‘nalishi bu holda vektorning koordinata o‘qlari bilan tashkil qilgan burchaklari kosinuslari orqali ifodalanadi:

$$\cos\left(\bar{\omega},\,^{\wedge} OX\right)=\frac{\omega_x}{\omega},\ \cos\left(\bar{\omega},\,^{\wedge} OY\right)=\frac{\omega_y}{\omega},\ \cos\left(\bar{\omega},\,^{\wedge} OZ\right)=\frac{\omega_z}{\omega}, \tag{80}$$

$$\text{yoki}\ \cos\left(\bar{\omega},\,^{\wedge} O\xi\right)=\frac{\omega_\xi}{\omega},\ \cos\left(\bar{\omega},\,^{\wedge} O\eta\right)=\frac{\omega_\eta}{\omega},\ \cos\left(\bar{\omega},\,^{\wedge} O\zeta\right)=\frac{\omega_\zeta}{\omega}. \tag{81}$$

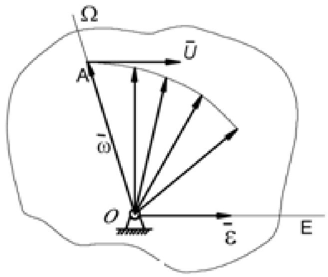
3. Oniy burchak tezlanishi

Sferik harakatdagi jismning oniy burchak tezlanishini

$$\bar{\varepsilon} = d\varpi/dt \tag{82}$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda ϖ miqdor va yo‘nalishi bo‘yicha o‘zgaruvchi vektordan iborat bo‘lishini nazarda tutsak, sferik harakatdagi jismning biror ondagi burchak tezlanishi mazkur jismning shu ondagi burchak tezlik vektori uchining tezligi deb qaralishi mumkin, degan xulosaga kelamiz; bu tezlikni $\bar{u}$ bilan belgilasak $\bar{\varepsilon} = d$

$$\varpi / dt = \bar{u} \tag{83}$$



27-shakl

Binobarin, oniy burchak tezlanish vektori burchak tezlik godografiga o‘tkazilgan urinma bo‘yicha yo‘naladi (27-shakl).

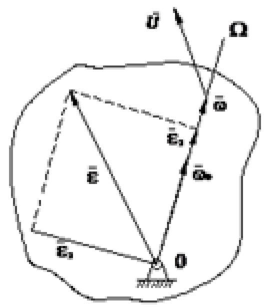
Agar $\bar{\varpi}$ vektorning qo‘zgalmas o‘qlardagi proyeksiyalari $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ qo‘zgaluvchan o‘qlardagi proyeksiyalari ω_ξ, ω_η, ω_ζ ma’lum bo‘lsa, oniy burchak tezlanishining shu o‘qlardagi proyeksiyalari mos ravishda quyidagi formulalardan topiladi:

$$\varepsilon_x = \dot{\omega}_x;\quad \varepsilon_y = \dot{\omega}_y;\quad \varepsilon_z = \dot{\omega}_z \tag{84}$$

Yoki $$\varepsilon_\xi = \dot{\omega}_\xi;\quad \varepsilon_\eta = \dot{\omega}_\eta;\quad \varepsilon_\zeta = \dot{\omega}_\zeta \tag{85}$$

u holda burchak tezlanish vektorining moduli:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_x^2+\varepsilon_y^2+\varepsilon_z^2} = \sqrt{\varepsilon_\xi^2+\varepsilon_\eta^2+\varepsilon_\zeta^2}. \tag{86}$$


28-shakl

Formuladan yo‘nalishi esa yo‘naltiruvchi kosinuslar orqali aniqlanadi:

$$\cos\left(\bar{\varepsilon},\,^{\wedge} OX\right)=\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon};\cos\left(\bar{\varepsilon},\,^{\wedge} OY\right)=\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon};\cos\left(\bar{\varepsilon},\,^{\wedge} OZ\right)=\frac{\omega_z}{\omega}, \tag{87}$$

$$\text{Yoki}\ \cos\left(\bar{\varepsilon},\,^{\wedge} O\xi\right)=\frac{\varepsilon_\xi}{\varepsilon};\cos\left(\bar{\varepsilon},\,^{\wedge} O\eta\right)=\frac{\varepsilon_\eta}{\varepsilon};\cos\left(\bar{\varepsilon},\,^{\wedge} O\zeta\right)=\frac{\omega_\xi}{\omega}. \tag{88}$$

Jismning oniy burchak tezlanishini topishda quyidagi uchinchi usulni qo‘llash ham mumkin. Bu usulga ko‘ra aylanish oniy o‘qi bo‘yicha yo‘nalgan ϖ_0 birlik vektor kiritiladi va $\bar{\omega} = \omega \cdot \bar{\omega}_0$ deb olinib, (86) formula

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\omega}{dt}\bar{\omega}_0 + \omega\frac{d\bar{\omega}_0}{dt} = \bar{\varepsilon}_1 + \bar{\varepsilon}_2 \qquad (89)$$

ko‘rinishga keltiriladi. (89) da $\bar{\varepsilon}_1 = \frac{d\omega}{dt}\bar{\omega}_0$

jism oniy burchak tezligi miqdorining o‘zgarishini ifodalab, ϖ_0 ya’ni $\bar{\varpi}$ bo‘yicha yo‘naladi:

$\bar{\varepsilon}_2 = \omega \cdot \frac{d\bar{\omega}_0}{dt}$ esa oniy burchak tezligi yo‘nalishining o‘zgarishini ifodalaydi va birlik vektorning hosilasi xossasiga ko‘ra $\bar{\omega}_0$ vektorga perpendekular yo‘nalgan bo‘ladi (28-shakl).

Binobarin $\bar{\varepsilon}_1$ va $\bar{\varepsilon}_2$ orasidagi burchak to‘g‘ri burchakdan iborat. Shunga ko‘ra oniy burchak tezlanishi miqdorini $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2}$

(90)

formulasidan, yo‘nalishini esa uning $\bar{\varpi}$ bilan tashkil qilgan burchak kosinusi orqali topish mumkin: $\cos\left(\bar{\varepsilon}, \hat{\ } \bar{\omega}\right) = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}.$

(91)

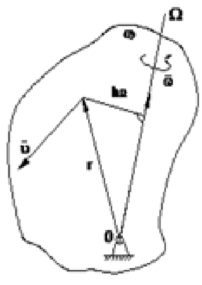
4. Sferik harakatdagi jism nuqtasining tezligi

Jismning sferik harakatini har onda oniy burchak tezlik vektori bo‘yicha yo‘nalgan OΩ aylanish oniy o‘qi atrofida oniy aylanma harakat qiladi deb qarash mumkin. Shunga asosan sferik harakatdagi jism *M* nuqtasining *O* qo‘zgalmas markazga nisbatan radiusning vektori $\bar{r}$, oniy burchak tezlik vektorini ω bilan belgilansa, mazkur nuqta tezligi, quyidagi Eyler formulasiga ko‘ra aniqlanadi (29-shakl).

$$\bar{\vartheta} = \bar{\omega} \times \bar{r} \qquad (92)$$

(92) ga asosan tezlik miqdorini aniqlash uchun

$$\vartheta = \omega \cdot r \cdot \sin\left(\bar{\omega}, \hat{\ } \bar{r}\right) = \omega \cdot h_\Omega \qquad (93)$$



29-shakl

formula hosil qilinadi, bunda h_Ω bilan *M* nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofa belgilangan.

Agar sferik harakatdagi jism *M* nuqtasining koordinatalari (*x, y, z*) yoki (ξ, η, ς) hamda oniy burchak tezlik vektorining o‘qlardagi proyeksiyalari (ω_x, ω_y, ω_z) yoki (ω_ξ, ω_η

, ω_{ζ}) aniq bo‘lsa, tezlikning qo‘zgalmas yoki qo‘zgaluvchi koordinata o‘qlardagi proyeksiyalarini aniqlovchi formulalar hosil qilinadi:

$$\left.\begin{aligned}\vartheta_x &= \omega_y \cdot z - \omega_z \cdot y,\\ \vartheta_y &= \omega_z \cdot x - \omega_x \cdot z,\\ \vartheta_z &= \omega_x \cdot y - \omega_y \cdot x,\end{aligned}\right\} \qquad \left.\begin{aligned}\vartheta_\xi &= \omega_\eta \cdot \zeta - \omega_\zeta \cdot \eta,\\ \vartheta_\eta &= \omega_\zeta \cdot \xi - \omega_\xi \cdot \zeta,\\ \vartheta_\zeta &= \omega_\xi \cdot \eta - \omega_\eta \cdot \xi.\end{aligned}\right\} \tag{94}$$

Binobarin tezlik modulini aniqlashda quyidagi formulalardan foydalanish mumkin:

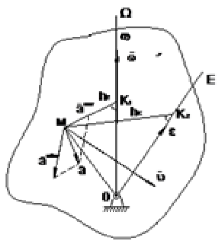
$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_x^2 + \vartheta_y^2 + \vartheta_z^2} = \sqrt{\vartheta_\xi^2 + \vartheta_\eta^2 + \vartheta_\zeta^2}. \tag{95}$$

Tezlik yo‘nalishi esa yo‘naltiruvchi kosinuslardan topiladi, masalan 29-shakl

$$\cos\left(\bar{\vartheta},\,^\wedge x\right) = \frac{\vartheta_x}{\vartheta};\ \cos\left(\bar{\vartheta},\,^\wedge y\right) = \frac{\vartheta_y}{\vartheta};\ \cos\left(\bar{\vartheta},\,^\wedge z\right) = \frac{\vartheta_z}{\vartheta}. \tag{96}$$

5.Sferik harakatdagi jism nuqtasining tezlanishi

Bitta qo‘zgalmas nuqtaga ega bo‘lgan qattiq jism nuqtasining tezlanishi quyidagi Rivalsteoremasiga ko‘ra aniqlanadi (30-shakl):



30-shakl

$$\bar{a} = \bar{a}^{ayl} + \bar{a}^{int}. \tag{97}$$

Bunda $\bar{a}^{ayl} = \left[\bar{\varepsilon} \times \bar{r}\right]$ aylanma tezlanish, $\bar{a}^{unt} = \left[\bar{\omega} \times \bar{v}\right]$ ***o‘qqa intilma tezlanish*** deyiladi. Vektor ko‘paytma ta’rifga ko‘ra

$$\left|\bar{a}^{ayl}\right| = a^{ayl} = \varepsilon \cdot r \sin\left(\bar{\varepsilon},\,^\wedge \bar{r}\right) = \varepsilon \cdot h_\varepsilon\,, \tag{98}$$

$$a^{\text{int}} = \omega \cdot \omega \cdot r \cdot \sin\left(\bar{\omega},\,^\wedge \bar{r}\right) \sin 90^o = \omega^2 h_\Omega. \tag{99}$$

Bu formulalarda h_ε bilan tezlanishi aniqlanayotgan nuqtadan oniy burchak tezlanish vektori o‘qi *OE* gacha bo‘lgan masofa, h_Ω bilan esa nuqtadan oniy aylanish o‘qi OΩ gacha bo‘lgan masofa belgilangan. $\bar{a}^{ayl}$ vektor $\bar{\varepsilon}$ va $\bar{r}$ vektorlari yotgan tekislikka perpendikular ravishda shunday yo‘nalganki, uning musbat uchidan qaraganda $\bar{\varepsilon}$ vektorning $\bar{r}$ tomon 180^0 dan kichik burchakka burilishi soat mili aylanishi yo‘liga teskari ko‘rinishi kerak. $\bar{a}^{\text{int}}$ vektor *M* nuqtadan aylanish oniy o‘qiga tushirilgan perpendikular bo‘ylab shu o‘q tomon yo‘nalgan.

Shuni ta’kidlash zarurki, $\bar{a}^{ayl}$ bilan $\bar{a}^{\text{int}}$ vektorlar orasidagi burchak umumiy holda 90^0 ga teng emas (xususiy holda – qo‘zgalmas o‘q atrofida aylanma harakatda, bu burchak 90^0 bo‘ladi).

$\left(\overline{\alpha}^{ayl},\hat{}\,\overline{\alpha}^{\text{int}}\right)=\alpha$ deb belgilansa, *M* nuqta tezlanishining moduli quyidagi formuladan topiladi:

$$a=\sqrt{\left(a^{ayl}\right)^2+\left(a^{\text{int}}\right)^2+2a^{ayl}\cdot a^{\text{int}}\cdot\cos\alpha}. \qquad (100)$$

Sferik harakatdagi jism nuqtasining tezlanishini aniqlashda analitik usuldan ham foydalanish mumkin. Buning uchun nuqtaning koordinatalari (*x, y, z)* yoki (ς,η, *z)* hamda burchak tezlik va burchak tezlanish vektorining qo‘zgalmas yoki qo‘zgaluvchi koordinata o‘qlardagi proyeksiyalari berilgan bo‘lishi, yohud Eyler burchaklari berilganda formulalar bo‘yicha topish mumkin bo‘lishi kerak.

Masalan, tezlanishning qo‘zgaluvchi o‘qlardagi proyeksiyalari quyidagi formulalardan topiladi:

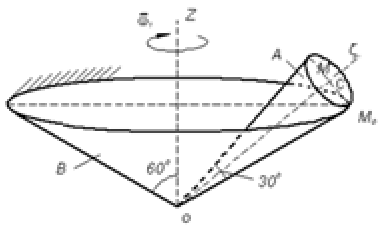
$$\left.\begin{aligned}
a_\xi &= \varepsilon_\eta\zeta-\varepsilon_\zeta\cdot\eta+\omega_\xi\left(\omega_\xi\cdot\xi+\omega_\eta\cdot\eta+\omega_\zeta\cdot\zeta\right)-\omega^2\xi,\\
a_\eta &= \varepsilon_\eta\xi-\varepsilon_\xi\cdot\zeta+\omega_\eta\left(\omega_\xi\cdot\xi+\omega_\eta\cdot\eta+\omega_\zeta\cdot\zeta\right)-\omega^2\eta,\\
a_\zeta &= \varepsilon_\xi\cdot\eta-\varepsilon_\eta\cdot\xi+\omega_\zeta\left(\omega_\xi\cdot\xi+\omega_\eta\cdot\eta+\omega_\zeta\cdot\zeta\right)-\omega^2\zeta.
\end{aligned}\right\} \qquad (101)$$

(101) formulada ξ, η, ς harflarni mos ravishda *x, y, z* ga almashtirish bilan tezlanish vektorining qo‘zgalmas o‘qlardagi proyeksiyalarini aniqlovchi formulalar hosil qilinadi.

Bu holda tezlanish moduli

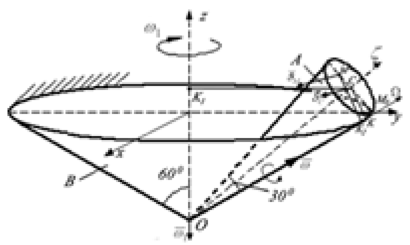
$$a=\sqrt{a_\xi^2+a_\eta^2+a_\zeta^2}=\sqrt{a_z^2+a_y^2+a_z^2} \qquad (102)$$

formuladan, yo‘nalishi esa yo‘naltiruvchi kosinuslar orqali topiladi.



31-shakl

Masala. *A* konus qo‘zg‘almas *B* konusning ichida sirg‘anmay g‘ildiraydi; bunda *A* konusning Oζ simmetrik o‘qi qo‘zg‘almas *Oz*o‘q atrofida o‘zgarmas ω_1=2s^{-1} burchak tezlik bilan aylanib, 0 nuqta qo‘zg‘almay qoladi. Konuslarning o‘q kesimlari shakl tekisligida joylashgan hamda OM_0 =*l*=50sm, M_0M=20 sm deb olib, *A* konusning burchak tezligi, burchak tezlanishi, *M* nuqtasining tezlik va tezlanishi topilsin. Kerakli burchaklar shaklda ko‘rsatilgan (31-shakl).



32-shakl

Yechish. Bu masala qo‘yilishi bo‘yicha yuqorida ko‘rsatilgan hollarning ikkinchisiga mos keladi; shuningdek burchak tezlikning miqdori o‘zgarmay qoladi. Shuni e’tiborga olib, ko‘rsatilgan ketma- ketlik asosida masalani hal qilamiz.

1. *Oxyz q*o‘zgalmas koordinata sistemasini

qo‘zg‘almas konusga bog‘lab, qo‘zg‘aluvchi sistemaning *Oz*o‘qini esa *A* konus simmetriya o‘qi bo‘ylab yo‘naltiramiz.

2. A konusning oniy burchak tezligini aniqlaymiz. *A* konus qo‘zg‘almas*B* konus ichki sirtida sirg‘anmasdan dumalagani uchun aylanish oniy o‘qi OΩ bu konuslar yasovchilarining urinish chizigi OM_0 bo‘ylab yo‘naladi

3.(32-shakl). *A* konusning *C* nuqtasini bir tomondan *Oz*o‘q atrofida $\overline{\omega}_1$ burchak tezlik bilan, ikkinchi tomondan OΩ oniy o‘q atrofida $\overline{\omega}$ burchak tezlik bilan

aylanishini e’tiborga olib, bu nuqta tezligini quyidagicha ifodalay olamiz:

$$\vartheta_e=\omega_1 \cdot K_1C\ ,\ \vartheta_c=\omega\cdot h_\Omega=\omega\cdot KC.$$

Bu tengliklarda K_1C va *KC* mos ravishda *C* nuqtadan *Oz* va OΩ o‘qlargacha bo‘lgan masofadan iborat:

$$K_1C=OS\ \sin45^0=l\cdot \cos15^0\cdot \sin45^0=34{,}15\ sm,$$

$$KC=l\cdot \sin15^0=12{,}94\ sm$$

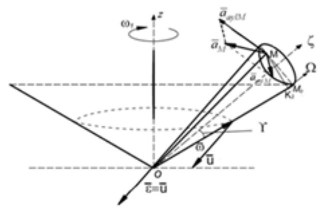
u holda,$\vartheta_e=68{,}3$ sm/s, $\omega=\vartheta_s/KC=5{,}28\ s^{-1}$.

C nuqta tezligi yo‘nalishiga ko‘ra $\overline{\omega}$ vektori $\overline{OM}_0$ bo‘yicha yo‘nalgan. ω_1=const bo‘lganidan $\vartheta_c = const$, binobarin ω=const.

3. *A*konus *M* nuqtasining tezligini topamiz. Konusning harakatini OΩ aylanish oniy o‘qi atrofida oniy aylanma harakat deb qarasak, (9.18) formulaga binoan:

$$\vartheta_M = \omega \cdot MK_2 = \omega \cdot M_0M \cdot \sin 75^o = 101{,}97\ sm/s.$$

$\overline{\vartheta}_M$ vektor MK_2 ga tik ravishda shakl tekisligidan o‘tuvchi tomon yo‘nalgan.


33-shakl

4.A konus burchak tezlanishini aniqlaymiz. Oniy burchak tezlanishini miqdor jihatdan o‘zgarmas bo‘lgan $\overline{\omega}$ vektor uchining tezligini aniqlaymiz. $\overline{\omega}$ vektorning uchi «radiusi» $\omega\sin60^0$ ga teng, simmetriya o‘qi *Oz* bo‘lgan aylana bo‘ylab ω_1 burchak tezlikda harakatlanadi (33-shakl)

5.Shunga ko‘ra $\varepsilon = u = \omega_1 \cdot\omega\cdot \sin60^0 = 9{,}15\ s^{-2}$

$\overline{\varepsilon}$ vektori $\overline{u}$ vektorga parallel ravishda shakl tekisligiga tik yo‘nalgan va *O* nuqtaga qo‘yilgan.

6. *A*konus *M* nuqtasining tezlanishini topamiz. Bunda Rivals teoremasini ifodalovchi foydalanamiz: $\overline{a}_M = \overline{a}_M^{ayl} + \overline{a}_M^{\text{int}}$

(9.23) ga binoan $a_M^{ayl} = \varepsilon \cdot OM \cdot \sin\left(\overline{\varepsilon},\hat{\ } \overline{OM}\right) = \varepsilon \cdot OM$

(chunki $\bar{\varepsilon}, \hat{\ } \overline{OM} = 90^o$). 33-shakldan:

$$OM = \sqrt{(OM_0)^2 + (M_0M)^2 - 2\,OM_0 \cdot M_0M \cdot \cos 75^o} = 48{,}81\ sm.$$

Binobarin, $a_M^{ayl} = \varepsilon \cdot OM = 446{,}6$ sm/s^2 $\bar{a}_M^{ayl}$ vektor shakl tekisligida joylashgan va OM ga tik yo‘nalgan.(9.24) dan foydalanib $\bar{a}_M^{\text{int}}$ ni topamiz: $a_M^{\text{int}} = \omega^2 \cdot MK_2 = 538{,}4\ sm/s^2$.

$\bar{a}_M^{\text{int}}$ vektor ham shakl tekisligida joylashib, MK_2 bo‘ylab aylanish oniy o‘qi tomon yo‘nalgan.Tezlanish modulini aniqlashdan avval $\bar{a}_M^{ayl}$ va $\bar{a}_M^{\text{int}}$ vektor tashkil qilgan burchakni topamiz. $\bar{a}_M^{ayl} \perp OM$, $\bar{a}_M^{\text{int}} \perp OM_0$ bo‘lgandan $\left(\bar{a}_M^{ayl}, \hat{\ } \bar{a}_M^{\text{int}}\right) = M\hat{O}M_0 = \gamma$.

ΔMOK_2 dan: $\cos\gamma = \dfrac{OK_2}{OM} = \dfrac{OM_2 - K_2M_0}{OM} = \dfrac{50 - M_0M \cdot \sin 15^o}{48{,}81} = 0{,}92.$

Tezlanishlar parallelogramiga kosinuslar teoremasini qo‘llaymiz:

$$a_M = \sqrt{\left(a_M^{ayl}\right)^2 + \left(a_M^{\text{int}}\right)^2 - 2\,a_M^{ayl} \cdot a_M^{\text{int}} \cdot \cos\gamma} =$$
$$= \sqrt{46899{,}16} = 216{,}57\ sm/s^2.$$

$\bar{a}_M$ vektor yo‘nalishini aniqlash uchun bu vektorning MK_2 bilan tashkil qilgan α burchakni topamiz. Sinuslar teoremasiga binoan: $\dfrac{a_M}{\sin\gamma} = \dfrac{a_M^{ayl}}{\sin\alpha}$; $\sin\alpha = \dfrac{a_M^{ayl} \cdot \sin\gamma}{a_M} = 0{,}808$; $\alpha \approx 54^o$.

Shunday qilib, berilgan paytda M nuqta tezlanishi miqdori 216,57 sm/s^2 ga teng, shakl tekisligida yotadi va MM_0 kesma bilan $54^0 + 15^0 = 69^0$ burchak tashkil etadi.

Takrorlash uchun savollar

1. *Sferik harakat deb qanday harakatga aytiladi?*
2. *Eyler burchaklari deb nimaga aytiladi?*
3. *Oniy burchak tezligi nima?*
4. *Oniy burchk tezlanishi nima?*
5. *Oniy burchak tezlanishi qanday tashkil etuvchilarga ajraladi?*
6. *Sferik harakatdagi jism nuqtasi tezligi qo‘zg‘aluvchi koordinata sistemasida qanday aniqlanadi?*
7. *Sferik harakatdagi jism nuqtasi tezlanishi qo‘zg‘almas koordinata sistemasida qanday aniqlanadi?*
8. *Sferik harakatdagi jism nuqtasi tezlanishi qanday aniqlanadi?*
9. *Aylanma tezlanish nima?*
10. *O‘qqa intilma tezlanish qanday aniqlanadi?*

DINAMIKA

1 4 – MAVZU. Dinamikaga kirish.
Reja: 1. Dinamikaning asosiy tushunchalari; 2. Dinamikaning asosiy qonunlari; 3. Erkin moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari; 4. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari.
Tayanch so‘zlar va iboralar Dinamika, inertlik, moddiy nuo‘ta, massa, inersiai hisob sistemasi, inersiya , dinamikaning asosiy qonunini, ta‘sir va aks ta‘sir , kuchlarning bir-biriga bog‘liqsiz ta‘sir etishi ,erkin moddiy nuqta harakat, bog‘lanishdagi moddiy nuqta, harakat differensial tenglama.

1, Dinamikaning asosiy tushunchalari

Kuchlar ta‘sirida bo‘lgan jismlarning harakatini uning massasi va harakatni yuzaga keltiruvchi sababga bog‘liq ravishda tekshiradigan nazariy mexanikaning bo‘limi - dinamikadir.

Dinamikaning asosiy tushunchalaridan biri - kuchdir. Jismlar harakati o‘zgarmas, miqdor va yo‘nalish jihatdan o‘zgaruvchan kuchlar ta‘sirida sodir bo‘ladi. O‘zgarmas kuchlarga jismning xususiy og‘irligi yoki ishqalanish kuchi misol bo‘la oladi. O‘zgaruvchan kuch vaqtga, jismning holatiga, tezligiga bog‘liq bo‘ladi. Ya’ni:

$$\overline{F} = \overline{F}\left(\overline{r}, \overline{v}, t\right) \tag{1.1}$$

Misol sifatida jismga davrli kuch yoki zarbali kuchlarning ta‘sirini, elastik kuchning jism ko‘chishiga proporsional ravishda ta‘sirini, harakatdagi jismga muhitning ko‘rsatadigan qarshiligini keltirish mumkin.

Jismlar harakati uning inertlik xususiyatiga ham bog‘liqdir. Turli jismlarga bir xil kuch bilan ta‘sir etsak, jism har xil tezliklar bilan harakatlanadi. Bu tajribalardan bizga ma‘lum. Jismlarning bu xususiyati inertlik deyiladi. Tezligi qancha kam bo‘lsa, inertligi shuncha ko‘p bo‘ladi. Jism inertligini miqdor jihatdan ifodalovchi fizik kattalik massa deb ataladi. Massa skalyar, o‘zgarmas, musbat kattalikdir.

Jismlarning harakati shakliga ham bog‘liqdir. Shaklni jismni tashkil etuvchi zarralarning joylashuvi tashkil etadi. Shuning uchun moddiy nuqta tushunchasi kiritiladi. O‘lchamlarining ahamiyati bo‘lmagan, lekin massaga ega bo‘lgan, harakatdagi jism moddiy nuqta deyiladi. Jismlarning harakatini o‘rganishni ularni tashkil etuvchi zarralarining harakatini o‘rganishdan boshlaymiz.

Dinamika bo‘limini 2 qismga ajratib ko‘rib chiqamiz.
1. Moddiy nuqta dinamikasi.
2. Mexanik sistema va qattiq jism dinamikasi.

2, Dinamikaning asosiy qonunlari

Dinamika qonunlari klassik mexanika qonunlariga asoslangan bo‘lib, Isaak N'yuton tomonidan ta’riflangan.

I - qonun. (Inersiya qonuni)

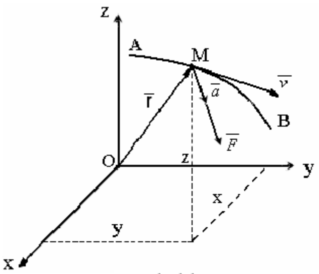
Tashqi ta‘sirlardan xoli bo‘lgan moddiy nuqtaga biror kuch ta‘sir etmaguncha, u o‘zining tinch 0000holati yoki to‘g‘ri chiziqli, teng o‘lchovli harakatini saqlashga intiladi.

Moddiy nuqta o‘z tezligini o‘zi o‘zgartira olmaydi va o‘zi-o‘ziga tezlik bera olmaydi. Tezligini o‘zgartirish uchun tashqi ta‘sir bo‘lishi kerak. Moddiy nuqtaning bu xususiyati, uning inertligini tashkil etadi. Bu qonunga inersiya qonuni, moddiy nuqta harakatiga esa inersion harakat deyiladi.

II - qonun. (Dinamikaning asosiy qonuni)

Moddiy nuqtaning kuch ta‘sirida olgan tezlanishi shu kuch bilan bir yo‘nalishda bo‘lib, miqdori kuch miqdoriga proporsionaldir
(1-shakl).

$$\overline{F} = m\overline{a} \tag{2.1}$$



1 – shakl

Bu yerda *m* – moddiy nuqta massasi bo‘lib, u o‘zgarmas miqdordir. Massa *m* qancha katta bo‘lsa, moddiy nuqtaga $\overline{a}$ tezlanish berishi uchun shuncha katta $\overline{F}$ kuch qo‘yish kerak. Massa *m* qancha katta bo‘lsa, moddiy nuqta inertligi shuncha katta bo‘ladi. (2.1) *tenglama dinamikaning asosiy tenglamasi* deyiladi.

Kinematikadan ma‘lumki,

$$\overline{a} = \frac{d\overline{v}}{dt} \tag{2.2}$$

Buni hisobga olsak, (2.1) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\overline{F} = m\frac{d\overline{v}}{dt} \tag{2.3}$$

Agar $\overline{v} = const$ bo‘lsa, $\overline{F} = 0$ bo‘ladi. Ya’ni moddiy nuqtaga kuch ta‘sir etmasa, u inersion holatda bo‘ladi. Kuch bilan tezlanish modullari orasidagi bog‘lanishni e’tiborga olsak, (2.1) tenglama quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$F = ma$$

Bundan:

$$a = \frac{F}{m} \tag{2.4}$$

kelib chiqadi.

Har qanday jism bo‘shliqda og‘irlik kuchi ta‘sirida yerga bir xil g tezlanish bilan tushadi. Bu tajriba yordamida aniqlangan:

$$P = mg \tag{2.5}$$

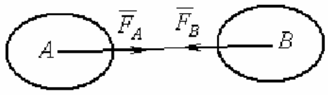
Bu yerda g=9,8 m/s^2 erkin tushish tezlanishi deyiladi. (2.5) formuladan:

$$m = \frac{P}{g} \tag{2.6}$$

(2.6) formuladan ko‘ramizki, moddiy nuqta massasi og‘irligiga to‘g‘ri proporsional. Og‘irligini tarozida o‘lchab, massasini (2.6) formuladan aniqlash mumkin.

III- qonun. (Ta‘sir va aks ta‘sir tengligi qonuni)

Har bir ta‘sir o‘ziga teng va qarama-qarshi yo‘nalishdagi aks ta‘sirni vujudga keltiradi. Ya’ni, ikkita moddiy nuqta miqdorlari teng, yo‘nalishlari qarama-qarshi, ularni tutashtiruvchi bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan kuchlar bilan bir-biriga ta‘sir etadi (2- shakl).



2 – shakl

$$\overline{F}_B = m_B\,\overline{a}_B \tag{2.7}$$

$$\overline{F}_A = m_A \, \overline{a}_A \quad (2.8)$$

3 - qonunga asosan:

$$\overline{F}_A = -\overline{F}_B \quad (2.9)$$

Bunda :

$$\left|\overline{F}_A\right| = -\left|\overline{F}_B\right| \quad (2.10)$$

(2.7) va (2.8) ni (2.9) ga qo‘ysak:

$$m_A \, \overline{a}_A = -m_B \, \overline{a}_B \quad (2.11)$$

Bundan:

$$\frac{m_A}{m_B} = -\frac{\overline{a}_B}{\overline{a}_A} \quad (2.12)$$

IV - qonun. (Kuchlarning bir-biriga bog‘liqsiz ta‘sir etish qonuni)

Moddiy nuqta bir necha kuch ta‘sirida bo‘lsa, uning shu kuchlar ta‘siridan olgan tezlanishi mazkur moddiy nuqtaga har qaysi kuchning alohida ta‘siridan kelib chiqqan tezlanishlarning yig‘indisiga tengdir. Moddiy nuqtaga $\overline{F}_1, \overline{F}_2, \ldots, \overline{F}_n$ kuchlar qo‘yilgan bo‘lsin, u holda:

$$\overline{F} = \sum_{i=1}^{n} \overline{F}_i \quad (2.13)$$

bo‘ladi.

$\overline{F}$ kuchning ta‘siridan moddiy nuqtaning olgan tezlanishi $\overline{a}$ desak, (2.1) tenglamaga asosan:

$$\sum_{i-1}^{n} \overline{F}_i = m \sum_{i-1}^{n} \overline{a}_i \quad (2.14)$$

bo‘ladi.

(2.13) va (2.1) tenglamani hisobga olsak:

$$m\overline{a} = m \sum_{i=1}^{n} \overline{a}_i \quad (2.15)$$

yoki:

$$\overline{a} = \sum_{i-1}^{n} \overline{a}_i \quad (2.16)$$

Bu ifoda xulosamizning to‘g‘riligini ko‘rsatadi. Bu qonundan, asosan, qattiq jismga oid masalalarni yechishda foydalaniladi.

3. Erkin moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari

Moddiy nuqta $\overline{F}$ kuch ta‘sirida harakatlansin (1- shakl). Nyutonning 2-qonuniga asosan (*2.1)* tenglamani yozamiz:

$$\overline{F} = m\overline{a}$$

$\overline{a}$ - tezlanish vektori; *m* - moddiy nuqta massasi.

Agar ta‘sir kuchlari bir nechta bo‘lsa, (2.13) tenglamaga asosan:

$$\overline{F} = \sum_{i=1}^{n} \overline{F}_i$$

deb qaraymiz.

Kinematikadan ma‘lumki, tezlanish vektori $\bar{a}$, tezlik vektori $\bar{v}$ va $\bar{r}$ radius-vektor orqali quyidagicha ifodalanadi :

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt}$$

yoki:

$$\bar{a} = \frac{d^2\bar{r}}{dt^2} \qquad (3.1)$$

(3.1) tenglamalarni e’tiborga olsak, (2.1) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$m\frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F} \qquad (3.2)$$

$$m\frac{d^2\bar{r}}{dt^2} = \bar{F} \qquad (3.3)$$

(3.2) va (3.3) ko‘rinishdagi differensial tenglamalar moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektorli ifodasidir. Ularni Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari orqali ifodalasak (1-shakl), harakat differensial tenglamalarining ko‘rinishi quyidagicha yoziladi:

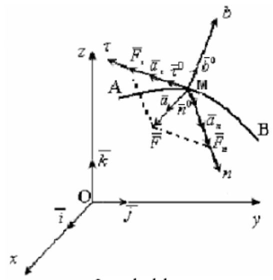
$$\left. m\frac{d^2x}{dt^2} = F_x\ ; \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = F_y\ ; \quad m\frac{d^2z}{dt^2} = F_z. \right\} \qquad (3.4)$$

F_x, F_y, F_z -kuchning Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalaridir.
(3.4) tenglama moddiy nuqtaning Dekart koordinata o‘qlaridagi harakat differensial tenglamalari deyiladi. Harakat differensial tenglamalarining tabiiy o‘qlardagi ifodasini aniqlash uchun kuchlarning tabiiy o‘qlardagi proyeksiyalarini aniqlaymiz (3- shakl). Tabiiy koordinata o‘qlarining birlik vektorlarini mos ravishda $\bar{\tau}^0, \bar{n}^0, \bar{b}^0$ deb belgilasak, tezlanish vektorining tabiiy o‘qlardagi ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\bar{a} = a_\tau \bar{\tau}^0 + a_n \bar{n}^0 \qquad (3.5)$$

Yoki

$$\bar{F} = F_\tau \bar{\tau}^0 + F_n \bar{n}^0 + F_b \bar{b}^0 \qquad (3.6)$$



3 – shakl

Kuchning tabiiy o‘qlardagi ifodasi quyidagicha:

$$\bar{F} = F_\tau \bar{\tau}^0 + F_n \bar{n}^0 + F_b \bar{b}^0 \qquad (3.7)$$

Bu yerda F_τ, F_n, F_b - moddiy nuqtaga ta‘sir etuvchi kuchning mos ravishda urinma, bosh normal va binormal o‘qlardagi proyeksiyalari.

(3.6) va (3.7) ni hisobga olgan holda dinamikaning asosiy tenglamasi (2.1) ni quyidagicha yozamiz:

$$F_\tau \bar{\tau}^0 + F_n \bar{n}^0 + F_b \bar{b}^0 = m\left(\frac{dv}{dt}\bar{\tau}^0 + \frac{v^2}{\rho}\bar{n}^0\right) \qquad (3.8)$$

mos birlik vektorlar oldidagi koeffitsientlarni tenglasak,

$$m\frac{dv}{dt} = F_\tau; \quad m\frac{v^2}{\rho} = F_n; \quad 0 = F_b. \qquad (3.9)$$

hosil bo‘ladi.
(3.9) tenglama moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining tabiiy o‘qlardagi ifodasidir. Tenglamadagi $F_b = 0$ ifoda moddiy nuqtaga ta‘sir etuvchi kuch egrilik tekisligida yotishini ko‘rsatadi. Haqiqatan ham shunday, chunki kuch tezlanish bilan bir yo‘nalishda bo‘lib, tezlanish

egrilik tekisligida yotishi bizga kinematikadan ma‘lum. Silindrik koordinatalarda harakat differensial tenglamalarini r, φ, z lar orqali ifodalaymiz:

$$m a_r = F_r\ ;\ m a_\varphi = F_\varphi\ ;\ m a_z = F_Z\ . \tag{3.10}$$

Bu yerda:

$$a_r = \ddot{r} - r\dot{\varphi}^2\ ;\ a_\varphi = r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\,\dot{\varphi}\ ;\ a_z = \ddot{z}. \tag{3.11}$$

(3.11) tenglamani (3.10) ga olib borib qo‘ysak, harakat differensial tenglamasining silindrik koordinatalardagi ifodasi kelib chiqadi:

$$\left.\begin{aligned} m(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2) &= F_r \\ m(r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}) &= F_\varphi \\ m\ddot{z} &= F_z \end{aligned}\right\} \tag{3.12}$$

(3.12) tenglama harakat differensial tenglamalarining silindrik koordinatalaridagi ifodasidir.

4. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta harakat differensial tenglamalari

Agar moddiy nuqta bog‘lanishda bo‘lsa, (2.1), (3.4), (3.9) va (3.12) tenglamalardagi ta‘sir etuvchi kuchlar qatoriga bog‘lanish reaksiya kuchlari qo‘shiladi.

$$m\bar{a} = \bar{F} + \bar{N} \tag{4.1}$$

(4.1) tenglama bog‘lanishdagi moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining vektorli ifodasidir.

Dekart koordinata o‘qlariga proyeksiyalab, bog‘lanishdagi nuqtaning harakat differensial tenglamalarini keltirib chiqaramiz:

$$\left.\begin{aligned} m\frac{d^2x}{dt^2} &= F_x + N_x \\ m\frac{d^2y}{dt^2} &= F_y + N_y \\ m\frac{d^2z}{dt^2} &= F_z + N_z \end{aligned}\right\} \tag{4.2}$$

Agar moddiy nuqta silliq bo‘lmagan sirt ustida harakatlansa, differensial tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$m\frac{d\,v}{d\,t} = F_\tau + N_\tau\ ;\ m\frac{v^2}{\rho} = F_n + N_n\ ;\ 0 = F_b + N_b. \tag{4.3}$$

(4.2) va (4.3) tenglamalar mos ravishda bog‘lanishdagi nuqtaning Dekart va tabiiy koordinata o‘qlaridagi harakat differensial tenglamalaridir. Silindrik koordinatalarda bog‘lanishdagi nuqtaning harakat differensial tenglamasi (4.4) ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\left.\begin{aligned} m(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2) &= F_r + N_r \\ m(r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}) &= F_\varphi + N_\varphi \\ m\ddot{z} &= F_z + N_z\ . \end{aligned}\right\} \tag{4.4}$$

Takrorlash uchun savollar

1. Dinamikaning asosiy tushunchalari nimadan iborat?
2. O‘zgaruvchan kuchlar qanday parametrlarga bog‘liq?
3. Jismning inertligi deganda nimani tushunasiz?
4. Moddiy nuqta nima?
5. Inersiya qonunini ta’riflang.
6. Dinamikaning asosiy qonunini tushuntiring.
7. Ta‘sir va aks ta‘sir tengligi qonunini ta’riflang.
8. Kuchlarning bir-biriga bog‘liqsiz ta‘sir etish qonunini ta’riflang.
9. Erkin moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining vektorli ifodasi qanday?
10. Erkin moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining Dekart koordinata o‘qlaridagi ifodasi qanday?

11. Erkin moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining tabiiy o‘qlardagi ko‘rinishi qanday?
12.Bog‘lanishdagi moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining vektorli ifodasi qanday?
13. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining Dekart koordinata o‘qlaridagi ifodasi qanday?
14. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining tabiiy o‘qlardagi ko‘rinishini yozib bering.
15. Bog‘lanishdagi moddiy nuqtaga qanday kuchlar ta‘sir etadi?
16. Differensial tenglamalarni tuzishdan maqsad nima?

15– MAVZU. Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi

Reja:

1.Dinamikaning birinchi asosiy masalasi;
2. Dinamikaning birinchi asosiy masalasi ma’vzusiga masala;
3. Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi;
4.Ta‘sir kuchi o‘zgarmas bo‘lgan hol;
5. Kuch vaqtning funksiyasi bo‘lgan hol;
6. Kuch tezlikning funksiyasi bo‘lgan hol;
7. Kuch nuqtaning holatiga bog‘liq bo‘lgan hol.

Tayanch so‘zlar va iboralar

Dekart o‘qlari, harakatni differensial tenglamalari, dinamikaning birinchi asosiy masalasi, dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi, integral doimiylari, differensial tenglama,to‘g‘ri chizio‘li harakat,o‘zgarmas kuch, kuch tezlikka bog‘liq holda o‘zgaradi, kuch vaqtga bog‘liq holda o‘zgaradi, kuch masofaga bog‘liq holda o‘zgaradi.

5. Dinamikaning birinchi asosiy masalasi

Ta‘sir etuvchi kuch bilan tezlanish orasidagi bog‘liqlikni (2.1) tenglama bilan ifodaladik. Erkin va bog‘lanishdagi moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamalaridan foydalanib, dinamikaning ikki asosiy masalasini yechamiz.

Nuqtaning massasi va harakat qonunlari berilganda ta‘sir etuvchi kuchlarni aniqlash dinamikaning birinchi asosiy masalasini tashkil etadi.

Harakat qonunining berilishiga qarab harakat differensial tenglamalari tuziladi va masala shartida so‘ralgan kuchlar aniqlanadi. Aniqlik uchun nuqtaning harakat qonuni Dekart koordinatalarida berilganda birinchi asosiy masalaninig yechilishini ko‘rib chiqamiz.
Moddiy nuqtaning harakat qonuni va m massasi berilgan bo‘lsin.
Ya’ni:

$$x = f_1(t);\quad y = f_2(t);\quad z = f_3(t) \tag{5.1}$$

Harakat qonunidan ikki marotaba hosila olib, tezlanishning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyasi $a_x; a_y; a_z$ larni aniqlaymiz va (3.4) harakat differensial tenglamalarini tuzamiz:

$$\left.\begin{aligned} F_x &= m\frac{d^2x}{dt^2} \\ F_y &= m\frac{d^2y}{dt^2} \\ F_z &= m\frac{d^2z}{dt^2} \end{aligned}\right\} \tag{5.2}$$

(5.2) tenglamadan kuchning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyasi F_x ; F_y ; F_z larni aniqlaymiz. Kuchning moduli quyida keltirilgan (5.3) formuladan aniqlanadi:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} = m\sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2} \tag{5.3}$$

Kuchlarning yo‘nalishini yo‘naltiruvchi kosinuslar yordamida aniqlaymiz:

$$\cos(\overline{F}\,\hat{}\,ox) = \frac{F_x}{F}; \quad \cos(\overline{F}\,\hat{}\,oy) = \frac{F_y}{F}; \quad \cos(\overline{F}\,\hat{}\,oz) = \frac{F_z}{F} \tag{5.4}$$

6. Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi

Massasi va ta‘sir etuvchi kuchlari berilganda nuqtaning kinematik xarakteristikalarini, harakat qonunlarini aniqlash dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini tashkil etadi.

Masalani yechish uchun (3.4); (3.9); (3.12); (4.2); (4.3); (4.4) ko‘rinishda ifodalangan harakat differensial tenglamalarini integrallaymiz. Integral o‘zgarmaslarini boshlang‘ich shartlardan aniqlaymiz. Boshlang‘ich shartlar vaqtning boshlang‘ich payti $t = t_0$ da nuqtaning holati va tezligining qabul qiladigan qiymatlaridir. Ya’ni, nuqta radius-vektori va tezligining qiymatlari $\overline{r} = \overline{r}_0$, $\overline{v} = \overline{v}_0$ bo‘lsa, vektorli ko‘rinishdagi boshlang‘ich shartlar deyiladi.

Dekart koordinatalarida boshlang‘ich shartlar $x = x_0$, $y = y_0$, $z = z_0$, $\dot{x} = \dot{x}_0$, $\dot{y} = \dot{y}_o$, $\dot{z} = \dot{z}_0$ ko‘rinishda ifodalanadi. Tabiiy koordinatalarda boshlang‘ich shartlar quyidagicha: $s = s_0$, $\dot{s} = \dot{s}_0$. Ta‘sir etuvchi kuchlar o‘zgarmas va o‘zgaruvchan bo‘ladi. O‘zgaruvchan kuchlar vaqtga, jismning holatiga, tezligiga bog‘liq bo‘ladi.

Yuqorida keltirilgan hollar uchun harakat differensial tenglamalarini integrallashni ko‘rib chiqamiz.

I. Ta‘sir kuchi o‘zgarmas bo‘lgan hol, **ya’ni** $\overline{F} = const$.

Harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F \rightarrow m\frac{d^2x}{dt^2} = F \tag{6.1}$$

(6.1) tenglamada $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt}$ ekanligini e’tiborga olsak:

$$m\frac{dv}{dt} = F \tag{6.2}$$

kelib chiqadi. (6.2) tenglamani integrallaymiz:

$$\int dv = \frac{F}{m}\int dt + C_1 \rightarrow v = \frac{F}{m}t + C_1 \tag{6.3}$$

(6.3) tenglamadagi integral o‘zgarmasini boshlang‘ich shartlardan aniqlaymiz:

$$t = 0 \;\; da \quad v = v_0 \quad C_1 = v_0 \tag{6.4}$$

(6.4) ni (6.3) ga qo‘ysak:

$$v = \frac{F}{m}t + v_0 \tag{6.5}$$

tenglama kelib chiqdi.

$v = \frac{dx}{dt}$ ekanligini e’tiborga olib (6.5) ga olib borib qo‘ysak:

$$\frac{dx}{dt}=\frac{F}{m}t+v_0\rightarrow\int dx=\frac{F}{m}\int t\,dt+v_0\int dt+C_2\rightarrow$$
$$\rightarrow x=\frac{F}{m}\frac{t^2}{2}+v_0t+C_2 \qquad (6.6)$$

(6.6) tenglamada, t=0 da $x=x_0$, $C_2=x_0$ ga teng.

Demak:

$$x=\frac{F}{m}\frac{t^2}{2}+v_0\ t+x_0 \qquad (6.7)$$

(6.5) va (6.7) tenglamalardan kinematik xarakteristikalar aniqlanadi.

II. Kuch vaqtning funksiyasi bo‘lgan hol, ya’ni $\overline{F}=\overline{F}(t)$.

Harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x}=F_x\rightarrow\ m\frac{d^2x}{dt^2}=F(t)\rightarrow\frac{dv}{dt}=\frac{1}{m}F(t) \qquad (6.8)$$

Tenglamani integrallaymiz:

$$\int_{v_0}^{v}dv=\frac{1}{m}\int_0^1F(t)dt\rightarrow v-v_0=\frac{1}{m}\int_0^tF(t)\,dt\rightarrow$$
$$\rightarrow v=v_0+\frac{1}{m}\int_0^tF(t)\,dt \qquad (6.9)$$

(6.9) tenglamaga belgilash kiritamiz:

$$f(t)=\frac{1}{m}\int_0^tF(t)d\,t$$
$$v=v_0+f(t) \qquad (6.10)$$

$v=\dfrac{dx}{dt}$ ifodani (6.10) tenglamaga qo‘ysak:

$$\frac{dx}{dt}=v_0+f(t)$$
$$dx=v_0dt+f(t)dt \qquad (6.11)$$

(6.11) tenglamani integrallaymiz:

$$\int_{x_0}^{x}dx=v_0\int_0^tdt+\int_0^tf(t)\ dt\rightarrow x-x_0=v_0\,t+\int_0^tf(t)\ dt$$

$$x=x_0+v_0\,t+\int_0^tf(t)\ dt \qquad (6.12)$$

(6.10) va (6.12) tenglamalardan masalaning shartlarida qo‘yilgan noma‘lum kinematik xarakteristikalarni aniqlaymiz.

III. Kuch tezlikning funksiyasi bo‘lgan hol, ya’ni $\overline{F}=\overline{F}(v)$.

Bunday hol asosan nuqtaning harakatida qarshilik kuchini hisobga olinganda uchraydi. Harakat differensial tenglamasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$m\ddot{x}=F(v)\rightarrow\ m\frac{dv}{dt}=F(v) \qquad (6.13)$$

(6.13) tenglamani integrallaymiz:

$$m\int_{v_0}^{v}\frac{dv}{F(v)} \tag{6.14}$$

(6.14) tenglamaning chap tomonini $\varphi(v)=m\int_{v_0}^{v}\frac{d\,v}{F(v)}$ deb belgilasak va integrallasak,

$$\varphi(v)=t \tag{6.15}$$

kelib chiqadi.

(6.15) tenglamadan teskari funksiya $v=v(t)$ ni aniqlaymiz va $v=dx/dt$ ekanligini e'tiborga olsak, quyidagi kelib chiqadi:

$$\frac{dx}{dt}=v(t) \tag{6.16}$$

(6.16) tenglamani integrallasak:

$$x-x_0=\int_0^t v(t)dt \tag{6.17}$$

hosil bo'ladi. Demak:

$$x=x_0+\int_0^t v(t)dt \tag{6.18}$$

(6.13) tenglamaga o'zgartirish kiritamiz:

$$\frac{dv}{dt}=\frac{dv}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}=\frac{dv}{dx}v \tag{6.19}$$

(6.19) ifodani (6.13) ga qo'ysak:

$$m\frac{v\,dv}{F(v)}=dx \tag{6.20}$$

kelib chiqdi. (6.20) ni integrallasak:

$$m\int_{v_0}^{v}\frac{v\,dv}{F(v)}=x-x_0 \quad \rightarrow x=x_0+m\int_{v_0}^{v}\frac{v\,dv}{F(v)} \tag{6.21}$$

Masala shartlarining berilishiga qarab yuqorida keltirilgan tenglamalar yordamida noma'lumlar aniqlanadi.

IV. Kuch nuqtaning holatiga bog'liq bo'lgan hol, ya'ni $\bar{F}=\bar{F}(x)$.

Harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\frac{d\,v}{d\,t}=F\,(x)\rightarrow m\frac{dv}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}=F\,(x)\rightarrow m\,v\frac{d\,v}{dx}=F\,(x). \tag{6.22}$$

(6.22) tenglamani boshlang'ich shartlardan foydalangan holda integrallaymiz:

$$\int_{v_0}^{v}v\,dv=\frac{1}{m}\int_{x_0}^{x}F\,(x)dx \tag{6.23}$$

(6.23) tenglamaning o'ng tomonini $\psi(x)$ bilan belgilaymiz va quyidagicha yozamiz:

$$\Psi(x)=\frac{1}{m}\int_{x_0}^{x}F(x)dx \to \int_{v_0}^{v}v\,dv=\Psi(x)\to \frac{1}{2}v^2-\frac{1}{2}v_0^2=\Psi(x) \qquad (6.24)$$

(6.24) tenglamadan:

$$v=\sqrt{v_0^2+2\Psi(x)} \qquad (6.25)$$

(6.25) tenglamadagi v tezlikning algebraik qiymatini ifodalaydi. Shuning uchun ildiz ishorasi masalaning fizik ma'nosiga mos olinadi. Harakat qonunini aniqlash uchun tezlikning $v=dx/dt$ qiymatini hisobga olsak va tenglamani integrallasak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{dx}{dt}=\sqrt{v_0^2+2\Psi(x)}$$

$$\int_{x_0}^{x}\frac{dx}{\sqrt{v_0^2+2\Psi(x)}}=\int_0^t dt \to \int_{x_0}^{x}\frac{dx}{\sqrt{v_0^2+2\Psi(x)}}=t \qquad (6.26)$$

(6.26) tenglamani integrallab, harakat qonuni $x=x(t)$ ni aniqlaymiz. Masala shartlarining berilishiga qarab dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi mavzusiga oid masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

a) Koordinata o'qlari tanlab olinadi;
b) Nuqtaga ta'sir etuvchi kuch va bog'lanish reaksiya kuchlari yo'naltiriladi;
d)Harakat differensial tenglamalari tuzilib, boshlang'ich shartlardan foydalangan holda, integrallanadi;
e) Boshlang'ich shartlarni hisobga olgan holda, tenglama yechimlari keltiriladi.

Takrorlash uchun savollar

1.Dinamikaning birinchi asosiy masalasining mohiyati nimadan iborat?
2. Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasining mohiyati nimadan iborat?
3. Ta'sir kuchi o'zgarmas bo'lgan holda differensial tenglama qanday integrallanadi?
4. Boshlang'ich shartlar yordamida nimalar aniqlanadi?
5. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning moduli vaqtga bog'liq ravishda o'zgarsa, differensial tenglama qanday integrallanadi?
6. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning moduli holatiga bog'liq ravishda o'zgarsa differensial tenglama qanday integrallanadi?
7. Kuch tezlikning funksiyasi bo'lgan holda harakat differensial tenglamasi qanday integrallanadi?
8. Integral doimiylarini aniqlash uchun qanday shartlar berilishi lozim?
9. Differensial tenglamalarini integrallash qanday tartibda bajariladi.

17– MAVZU. MODDIY NUQTANING TO'G'RI CHIZIQLI TEBRANMA HARAKATI

Reja:

1. Erkin tebranma harakati differensial tenglamasi;
2. Differensial tenglama yechimi;
3. Tebranish davri, amplitudasi.boshlang'ich faza;
4. Erkin tebranma harakat grafigi
5. Og'irlik kuchi ta'sirida moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati;
6. Prujinalar ketma-ket ulanganda ekvivalent prujina bilan almashtirish;
7. Prujinalar parallel ularda ekvivalent prujina bilan almashtirish;
8. Yuk prujinalar orasiga osilganda ekvivalent prujina bilan almashtirish.

Tayanch so'zlar va iboralar

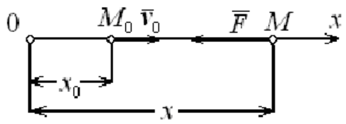
Erkin tebranish, qaytaruvchi kuch, takroriy son, tebranish davri, tebranish amplitudasi, boshlang'ich faza, bikirlik, ekvivalent prujina

7. Moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

Tebranma harakat turlarini o'rganish mexanika, fizika va texnika fanlarining aniq masalalarini yechish uchun zarurdir. Turli qurilmalar va mexanizmlarning qismlari kuchlar ta'sirida tebranish oladi. Tebranishning me'yoridan oshishi natijasida falokatlar ro'y berishi mumkin. Ayrim hollarda esa, masalan radiotexnika sohalarida, tebranishlardan unumli foydalaniladi. Tebranish sodir bo'ladigan jarayonlarning mohiyati turlicha bo'lishiga qaramay, ularning xarakterli xususiyatlari bir xil qonuniyatlarga bo'ysunadi. Moddiy nuqtaning erkin tebranma harakatini ko'ramiz. Ox o'qining boshi M moddiy nuqtaning muvozanat holatida bo'lsin.

Massasi m bo'lib, qaytaruvchi $\overline{F}$ kuch ta'sir etsin (4-shakl). Qaytaruvchi kuch - moddiy nuqtani muvozanat holatiga qaytarishga intiluvchi kuch. Bu kuch hamma vaqt moddiy nuqtaning muvozanat holatiga qarab yo'naladi va moddiy nuqtaning koordinatasiga bog'liq o'zgaradi. Ya'ni:

$$F = c\,x \tag{7.1}$$



4 - shakl

Bu yerda c - bikirlik koeffitsienti bo'lib, moddiy nuqtani bir birlik masofaga siljitish uchun kerak bo'lgan kuchni ifodalaydi va N/m da o'lchanadi. Bunday kuchga elastiklik kuchi misol bo'la oladi. Moddiy nuqta boshlang'ich vaqtda koordinata boshidan x_0 masofada joylashgan bo'lib, $\overline{v}_0$ tezlikka ega bo'lsin.

Moddiy nuqta harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x \tag{7.2}$$

(7.1) ni (7.2) ga qo'ysak, tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$m\ddot{x} = -F; \rightarrow m\ddot{x} = -cx; \rightarrow \ddot{x} + \frac{c}{m}x = 0. \tag{7.3}$$

Belgilash kiritamiz:

$$k^2 = \frac{c}{m} \tag{7.4}$$

tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \tag{7.5}$$

(7.5) tenglama moddiy nuqtaning erkin tebranma harakat differensial tenglamasini ifodalaydi. Bu tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$x = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt \tag{7.6}$$

C_1 va C_2 lar integral o'zgarmaslari bo'lib, ularni boshlang'ich shartlardan aniqlanadi. Boshlang'ich shartlar quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$t = 0$ da $x = x_0$; $v = v_0$. (7.7)

(7.6) tenglamadan birinchi tartibli hosila olamiz:

$$\dot{x} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt \qquad (7.8)$$

(7.7) ifodani (7.6) va (7.8) tenglamalarga qo‘yib, integral o‘zgarmaslarini aniqlaymiz.

Natijada $C_1 = x_0$ $C_2 = \dfrac{v_0}{k}$ kelib chiqadi.

C_1 va C_2 ning qiymatlarini (7.6) ga qo‘yamiz va moddiy nuqtaning tebranma harakat qonunini aniqlaymiz:

$$x = x_0 \cos kt + \frac{v_0}{k} \sin kt \qquad (7.9)$$

Agar integral o‘zgarmaslarini $C_1 = a\sin\alpha;$ $C_2 = a\cos\alpha$ ko‘rinishda ifodalasak, (7.5) differensial tenglamaning yechimi quyidagicha yoziladi:

$$x = a\sin(kt + \alpha) \qquad (7.10)$$

Bu tenglamada a- tebranish amplitudasi, $kt+\alpha$ - tebranish fazasi, α - boshlang‘ich tebranish fazasi deyiladi. Ular quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$a = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{k^2}} \qquad (7.11)$$

$$tg\alpha = \frac{kx_0}{v_0} \qquad (7.12)$$

Bu yechimdan ko‘rinib turibdiki, chiziqli qaytaruvchi kuch ta‘sirida moddiy nuqta garmonik tebranma harakat qiladi.

Tebranish davri T ni aniqlaymiz. Sinus va kosinus trigonometrik funksiyalar davri 2π ga tengdir. T o‘zgarganda tebranish fazasi 2π ga o‘sadi.

Demak:

$$k(t+T) + \alpha - (kt + \alpha) = 2\pi \qquad (7.13)$$

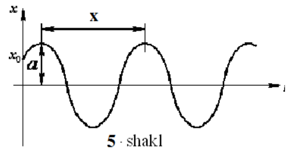
Bu tenglamani yechsak:

$$T = \frac{2\pi}{k} \qquad (7.14)$$

Tebranish doiraviy takrorligining qiymatini qo‘ysak:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}} \qquad (7.15)$$

(7.15) tenglamada x_0 va v_0 lar qatnashmaydi. Demak tebranish davri harakatning boshlang‘ich shartlariga bog‘liq emas. Tebranish takrorligi γ moddiy nuqtaning massasi va qaytaruvchi kuchni xarakterlovchi bikirlikka bog‘liqdir.



5 - shakl

Ya’ni: $$\gamma = \frac{k}{2\pi} = \frac{1}{T} \qquad (7.16)$$

Erkin tebranma harakat grafigini (5- shakl) tasvirlaymiz.

5- shakldagi x_0 moddiy nuqtaning boshlang‘ich paytdagi og‘ishi va nuqtaning bir marotaba to‘liq tebranishi uchun ketgan T vaqti tebranish davridir.

8. Og‘irlik kuchi ta‘sirida moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

Massasi m bo‘lgan moddiy nuqta AB prujinaga ilingan. Og‘irlik kuchi ta‘sirida prujinaning statik cho‘zilishi f_{st} ga teng. Koordinata boshini moddiy nuqtaning statik muvozanat holatidagi vaziyatida deb qabul qilib, uning harakatini tekshiramiz (6-shakl).

Prujinaning elastiklik kuchi $F = c(y + f_{st})$ ga teng.

Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{y} = G - F \tag{8.1}$$

$\overline{G}$ - moddiy nuqtaning og‘irlik kuchi. Jismning muvozanat holatida $G = cf_{st}$ ga tengdir. (8.1) tenglamaga kuchlarning ifodalarini qo‘ysak,

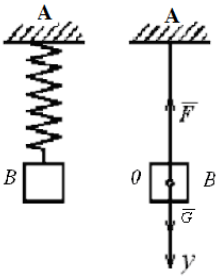
$$m\ddot{y} = cf_{st} - c(y + f_{st})$$

$$m\ddot{y} = cf_{st} + cy - cf_{st} \tag{8.2}$$

kelib chiqdi. Ifodani soddalashtirib, belgilashlarni qo‘yamiz:

$$\ddot{y} + k^2 y = 0 \tag{10.3}$$

(8.3) tenglama erkin tebranma harakat differensial tenglamasini ifodalaydi. Uning yechimi (9.6) ko‘rinishda ifodalanadi.



6- shakl

Uning yechimi (9.6) ko‘rinishda ifodalanadi. Ya’ni:

$$y = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt \tag{8.4}$$

Integral o‘zgarmaslari $C_1 = y_0$ $C_2 = \frac{v_0}{k}$ ga teng bo‘lib, ularni o‘rniga qo‘yib, (10.4) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$y = y_0 \cos kt + \frac{v_0}{k} \sin kt \tag{8.5}$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, og‘irlik kuchi jismning muvozanat holatini o‘zgartirar ekan. Agar bizga prujinaning statik deformatsiyasi f_{st} berilgan bo‘lsa, tebranish doiraviy takrorligi:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{c}{\frac{G}{g}}} = \sqrt{\frac{cg}{G}} = \sqrt{\frac{cg}{cf_{st}}} = \sqrt{\frac{g}{f_{st}}} \tag{8.6}$$

Demak, (8.6) ifodani (8.5) ga olib borib qo‘ysak, og‘irlik kuchi ta‘sirida harakatlanayotgan moddiy nuqtaning harakat qonuni kelib chiqadi. Ya’ni:

$$y = y_0 \cos \sqrt{\frac{g}{f_{st}}} t + \frac{v_0}{k} \sin \sqrt{\frac{g}{f_{st}}} t$$

Tebranish davrini aniqlaymiz.

$$T = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{f_{st}}}} = 2\pi\sqrt{\frac{f_{st}}{g}}$$

Demak,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{f_{st}}{g}}$$

9. Prujinalar parallel, ketma-ket ulangan va yuk prujinalar orasiga osilgan hollarda ularni ekvivalent prujina bilan almashtirish

Bikirliklari C_1 va C_2 bo‘lgan prujinalar har xil ko‘rinishlarda ulangan bo‘lib, ekvivalent bitta prujina bilan almashtirishni ko‘rib chiqamiz (7-shakl.*a*),b),d)).

1.Prujinalar o‘zaro parallel ulangan hol

Prujinalarni bitta ekvivalent prujina bilan almashtiraylik. Prujinalarning A yuk ta‘siridagi deformatsiyalarini mos ravishda f_1 va f_2 bilan belgilaymiz (7-shakl.*a*)). Prujinalar o‘zaro parallel bo‘lganidan, ulardan har birining deformatsiyasi bilan ekvivalent prujina deformatsiyasi f

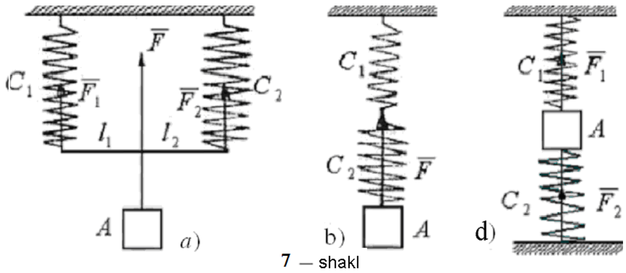
bir xil bo‘lishi kerak.

Ya’ni : $f = f_1 = f_2$ (9.1)

Bu deformatsiyalar tufayli hosil bo‘lgan elastik kuchlarini mos ravishda F, F_1, F_2 deylik. U holda:

$$F = F_1 + F_2 \quad (9.2)$$

bo‘lishi kerak (bunda l_1 va l_2 masofalar $\overline{F}$ kuch qo‘yilgan nuqtadan prujinalargacha bo‘lgan masofa.



7 – shakl

C_1 va C_2 prujinalar bikirliklari).(9.2) tenglikni $f = f_1 = f_2$ ga hadma-had bo‘lamiz.

$$\frac{F}{f} = \frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} \quad (9.3)$$

Bundan:

$$\frac{F}{f} = C; \quad \frac{F_1}{f_1} = C_1; \quad \frac{F_2}{f_2} = C_2. \quad (9.4)$$

(9.4) tenglamani (9.3)ga qo‘ysak:

$$C = C_1 + C_2 \quad (9.5)$$

hosil bo‘ladi. (9.5) dan ko‘ramizki, o‘zaro parallel ulangan prujinalarga ekvivalent prujina bikirligi har qaysi prujina bikirliklarining yig‘indisiga tengdir.

2. Prujinalar ketma-ket ulangan hol

Yuk ta‘sirida prujinalar f_1 va f_2 ga teng deformatsiya olsa, prujinalarda hosil bo‘ladigan elastiklik kuchi $\overline{F}$ ga tengdir.(7-shakl.b)) Agar prujinalarning umumiy deformatsiyasi *f* desak,

$$F = cf \quad (9.6)$$

$$f = \frac{F}{c} \quad (9.7)$$

tenglik o‘rinlidir.

Har qaysi prujina *F* kuch ta‘sirida deformatsiyalangani uchun:

$$f_1 = \frac{F}{c_1}; \quad f_2 = \frac{F}{c_2} \quad (9.8)$$

Umumiy deformatsiya,

$$f = f_1 + f_2 \quad (9.9)$$

ga tengdir.

(9.7) va (9.8) tengliklarni (9.9) ga qo‘ysak:

$$\frac{F}{c} = \frac{F}{c_1} + \frac{F}{c_2} \quad (9.10)$$

hosil bo‘ladi. Bundan:

$$\frac{1}{c}=\frac{1}{c_1}+\frac{1}{c_2} \rightarrow \quad c=\frac{c_1c_2}{c_1+c_2} \qquad (9.11)$$

kelib chiqadi. Demak ketma-ket ulangan ikkita prujinaga ekvivalent prujina bikirligi (9.11) formula bilan aniqlanadi.

3.**Yuk prujinalar orasiga osilgan hol**

A yuk ta'sirida bikrliklari C_1 va C_2 bo'lgan prujinalar f_1 va f_2 ga teng deformatsiya olsinlar. Bunda birinchi prujina cho'zilsa, ikkinchi prujina qisiladi va ularning olgan deformatsiyalari:

$$f_1=f_2 \qquad (9.12)$$

bo'ladi. (7-shakl.d))

Prujinalarning biri cho'zilib, ikkinchisi qisilgani uchun har qaysi prujinalardagi elastiklik kuchlari bir tomonga yo'naladi. Shuning uchun prujinalarga ekvivalent prujina elastiklik kuchi, birinchi va ikkinchi prujinalar elastiklik kuchlarining yig'indisiga tengdir:Ya'ni:

$$F=F_1+F_2 \qquad (9.13)$$

Bu yerda:

$$F=cf; \quad F_1=c_1f_1; \quad F_2=c_2f_2 \qquad (9.14)$$

ekanligini e'tiborga olib, (9.12) va (9.14) tenglamalarni (9.13) ga o'ysak:

$$c=c_1+c_2 \qquad (9.15)$$

kelib chiqadi.

Ya'ni yuk ikki prujina orasida joylashgan holda ekvivalent prujina bikirligi o'zaro parallel prujinalarning bikrliklari kabi aniqlanadi.

Takrorlash uchun savollar

1. Erkin tebranma harakat qanday kuch ta'sirida sodir bo'ladi?
2. Erkin tebranma harakat sodir bo'lishi uchun qaysi shartlar bajarilishi shart?
3. Erkin tebranma harakat differensial tenglamasi qanday ifodalanadi?
4. Erkin tebranma harakat qonuni qanday ifodalanadi?
5. Erkin tebranma harakat davri, amplitudasi,boshlang'ich fazasi qanday ifodalanadi?
6. Nega ekvivalent prujina bilan almashtiriladi?
7. Parallel ulangan prujinalarga ekvivalent prujina bikirligi qanday formula bilan aniqlanadi?
8. Ketma-ket ulangan prujinalarga ekvivalent prujina bikirligi qanday formula bilan aniqlanadi?
9. Yuk prujinalar orasiga osilganda prujinalarga ekvivalent prujina bikirligi qanday formula bilan aniqlanadi?

17 – MAVZU. Muhit qarshilik kuchi ta'sirida moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

Reja:

1. So'nuvchi tebranma harakatda ta'sir etuvchi kuchlar;
2. Kichik qarshiliklar bo'lgan holda so'nuvchi tebranma harakat differensial tenglamasining yechimi;
3. Katta qarshiliklar bo'lgan holda so'nuvchi tebranma harakat differensial tenglamasining yechimi;
4. Chegaraviy holda so'nuvchi tebranma harakat differensial tenglamasining yechimi;
5. So'nish dekrementi;
6. So'nuvchi tebranma harakat davri, amplitudasi, boshlang'ich fazasi , grafigi.

Tayanch so'zlar va iboralar

Muhit qarshilik kuchi, so'nuvchi tebranish, muhit qarshiligi, takroriy son, tebranish davri, tebranish amplitudasi, boshlan -g'ich faza, bikirlik, so'nish dekrementi, kichik qarshilik, katta qarshilik,chegaraviy hol, aperiodik harakat

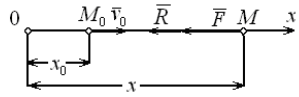
10. So'nuvchi tebranma harakat

Tabiatda va texnikada jismga qaytaruvchi kuchdan tashqari muhitning qarshilik kuchi ham ta'sir etadi. Bunday kuchlarga ishqalanish kuchi, havoning qarshilik kuchi misol bo'la oladi. Bu kuchlar harakatning tez so'nishiga olib keladi.

Muhit qarshiligining tebranma harakatga ta'sirini ko'rib chiqamiz. Massasi m bo'lgan M moddiy nuqtaga qaytaruvchi $\overline{F}$ kuchdan tashqari tezlikning funksiyasi bo'lgan va harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan qarshilik kuchi $\overline{R}$ ta'sir etsin (8-shakl). Nuqtaning kichik tezliklarida qarshilik kuchi tezlikning birinchi darajasiga proporsional ravishda o'zgaradi.
Ya'ni:

$$R = \mu v; \quad F = cx. \tag{10.1}$$

Bu yerda μ -muhit qarshiligining proporsionallik koeffitsienti.



8 - shakl

Moddiy nuqta boshlang'ich vaqtda koordinata boshidan x_0 masofada joylashgan va $\bar{v}_0$ tezlikka ega bo'lsin. Moddiy nuqta uchun harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x + R_x \tag{10.2}$$

$$m\ddot{x} = -F - R \tag{10.3}$$

(10.1) ni (10.3) olib kelib qo'ysak:

$$m\ddot{x} = -cx - \mu\, v \rightarrow m\ddot{x} + cx + \mu\, v = 0 \rightarrow \ddot{x} + \frac{\mu}{m}\dot{x} + \frac{c}{m}x = 0 \tag{10.4}$$

(10.4) tenglama hosil bo'ladi. Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$2n = \frac{\mu}{m}; \quad k^2 = \frac{c}{m} \tag{10.5}$$

Belgilashlarni (10.4) tenglamaga olib borib qo'ysak:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = 0 \tag{10.6}$$

hosil bo'ladi. (9.6) tenglama muhit qarshilik kuchi ta'sirida moddiy nuqtaning erkin tebranma harakat differensial tenglamasidir. Bu tenglamaning umumiy yechimi:

$$x = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \tag{10.7}$$

C_1 ; C_2 lar integral o'zgarmaslari, λ_1; λ_2 lar esa:

$$\lambda^2 + 2n\lambda + k^2 = 0 \tag{10.8}$$

(10.8) xarakteristik tenglamaning yechimidir.
Ya'ni:

$$\lambda_{1;2} = -n \pm \sqrt{n^2 - k^2} \tag{10.9}$$

Bu yerda $n = \dfrac{\mu}{2m}$ muhit qarshilik kuchini xarakterlaydi, $k = \sqrt{\dfrac{c}{m}}$ esa qaytaruvchi kuchni xarakterlaydi. (10.8) tenglamadan ko'rinadiki, (9.6) tenglamaning umumiy yechimini tuzishda quyidagi uch holni ko‘ramiz.

1. Kichik qarshiliklar bo‘lgan hol, ya’ni k>n.

Bu holda (10.8) xarakteristik tenglamaning yechimi mavhumdir:.

$$\lambda_{1,2} = -n \pm i\sqrt{k^2 - n^2}, \tag{10.10}$$

yoki:
$$\lambda_{1,2} = -n \pm ik_1 \tag{10.11}$$

Bu yerda $k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$ va $i = \sqrt{-1}$.

(9.6) tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}(C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) \tag{10.12}$$

Bunda C_1, C_2 lar integral o‘zgarmaslaridir. Ular boshlang‘ich shartlardan aniqlanadi, ya’ni :

$$t = 0 \text{ da } x = x_0; \quad \dot{x} = v_0 . \tag{10.13}$$

Bu hol uchun tezlikning harakat o‘qidagi proyeksiyasi

$$\dot{x} = -ne^{-nt}(C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) + e^{-nt} k_1 (C_2 \cos k_1 t - C_1 \sin k_1 t) \tag{10.14}$$

(10.12) va (10.14) tenglamalarga (10.13) ni qo‘yib, C_1; C_2 larni aniqlaymiz:

$$C_1 = x_0, \qquad C_2 = \frac{v_0 + nx_0}{k_1} \tag{10.15}$$

Demak, (10. 12) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = e^{-nt}\left(x_0 \cos k_1 t + \frac{v_0 + nx_0}{k_1} \sin k_1 t\right) \tag{10.16}$$

(10.16) tenglama muhit qarshilik kuchi ta‘sirida moddiy nuqta erkin tebranma harakatining kichik qarshiliklar bo‘lgan hol uchun harakat qonunidir. Agar integral o‘zgarmaslarini

$$\left.\begin{array}{l} C_1 = a_1 \sin\beta \\ C_2 = a_1 \cos\beta \end{array}\right\} \tag{10.17}$$

ko‘rinishda ifodalasak, (10.6) tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

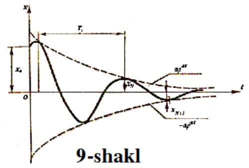
$$x = a_1 e^{-nt} \sin(k_1 t + \beta) \tag{10.18}$$

(10.18) tenglama garmonik tebranma harakat tenglamasidan vaqt o‘tishi bilan tez kamayuvchi e^{-nt} ko‘paytma bilan farq qiladi, chunki $t \to \infty, e^{-nt} \to 0$. Shuning uchun (10.18) qonun bilan tebranuvchi moddiy nuqtaning harakati so‘nuvchi tebranma harakat deyiladi. a_1 va β integral doimiylari (10.13) boshlang‘ich shartlardan aniqlanadi. Buning uchun (10.15) va (10.17) tenglamalardan foydalanamiz:

$$a_1 \sin\beta = x_0 \text{ va } a_1 \cos\beta = \frac{v_0 + nx_0}{k_1} \tag{10.19}$$

(10.19) tenglamadan:

$$a_1 = \frac{1}{k_1}\sqrt{k_1^2 x_0^2 + (v_0 + nx_0)^2}; \quad tg\beta = \frac{k_1 x_0}{v_0 + nx_0} \tag{10.20}$$



9-shakl

So‘nuvchi tebranma harakat grafigini $a_1 e^{-nt}$ va $-a_1 e^{-nt}$ egri chiziqlarga urinib o‘tuvchi so‘nuvchi sinusoida grafigi ko‘rini –
shida ta'svirlanadi (9-shakl)

Grafikdan aniq ko‘rinib turibdiki M nuqtaning tebranishi davriy emas. Tebranish davri shartli ravishda qabul qilingan. So‘nuvchi tebranma harakat davri erkin tebranma harakat davridan birmuncha kattadir. Lekin qarshilik kuchi kichik bo‘lganda tebranish davri taxminan $T_1 \approx T$ deb olingan.

Ya’ni:
$$T_1 = \frac{2\pi}{k_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - n^2}} \qquad (10.21)$$

(10.18) tenglamadagi $A = a_1 e^{-nt}$ ifoda so‘nuvchi tebranish amplitudasi deyiladi. So‘nuvchi tebranish amplitudasi vaqt o‘tishi bilan kamayib borgani tufayli, tebranish fazasi 2π ga o‘zgarganda nuqta o‘zining avvalgi muvozanat holatidan eng katta chetga chiqishini takrorlay olmaydi. Tebranishlar amplitudasining kamayish qonunini ko‘rib chiqamiz. M nuqtaning t_1 paytda *O* muvozanat holatidan eng katta og‘ishi x_1 bo‘lsin, $t_1 + T_1$ vaqtda esa x_2 bo‘lsin. U holda:

$$x_1 = e^{-n t_1} a_1 \quad ; \quad x_2 = e^{-n\left(t_1 + \frac{T_1}{2}\right)} a_1 = e^{-\frac{n T_1}{2}} x_1 \qquad (10.22)$$

bo‘ladi.

Demak, har yarim davr o‘tishi bilan tebranishlar amplitudasi, maxraji $q = e^{-\frac{nT_1}{2}}$ bo‘lgan geometrik progressiya kabi kamayib boradi. $q = e^{-\frac{nT_1}{2}}$ - so‘nish dekrementi deyiladi. $|\lg| = -\frac{nT_1}{2}$ esa logarifmik dekrement deyiladi. Demak, tekshirishlardan shunday xulosaga keldikki, kichik qarshiliklar tebranish davriga oz ta‘sir qilib, geometrik progressiya qonuni asosida harakatni so‘ndiradi.

2. Katta qarshiliklar bo‘lgan hol, ya’ni n>k

Bu holda (10.8) tenglamaning yechimi haqiqiy va turli bo‘lib, quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\lambda_{1;2} = -n \pm \sqrt{n^2 - k^2} \qquad (10.23)$$

(10.6) tenglamaning umumiy yechimi:

$$x = e^{-nt}(C_1 ch\sqrt{n^2 - k^2}\, t + C_2 sh\sqrt{n^2 - k^2}\, t) \qquad (10.24)$$

Yangi belgilashlar kiritsak, ya’ni:

$$C_1 = a_1\, sh\beta \, ; \quad C_2 = a_1\, ch\beta. \qquad (10.25)$$

U holda umumiy yechim quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = a_1 e^{-nt} sh\, (\sqrt{n^2 - k^2}\, t + \beta) \qquad (10.26)$$

U holda umumiy tenglamadan ko‘rinib turibdiki, katta qarshiliklar bo‘lgan holda umumiy yechimda trigonometrik funksiyalar ishtirok etmaydi.
Bu holda *M* nuqtaning harakati aperiodik harakatdan iborat bo‘ladi,
chunki giperbolik sinus funksiyasi davriy bo‘lmagan funksiyadir.
Giperbolik funksiyaning formulalari quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$sh\, wt = \frac{e^{wt} - e^{-wt}}{2} \quad ; \quad ch\, wt = \frac{e^{wt} + e^{-wt}}{2} \qquad (10.27)$$

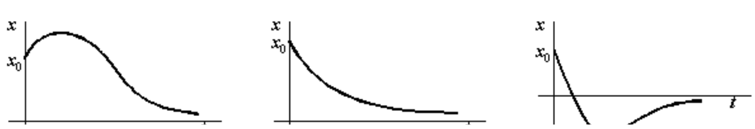
Agar (10.27) tenglamani (10.24)ga qo‘ysak, (10.6) tenglama yechimi quyidagicha yoziladi:

$$x = e^{-nt}\left(C_1 e^{wt} + C_2 e^{-wt}\right) \qquad (10.28)$$

Bu yerda $w = \sqrt{n^2 - k^2}$ ga teng. Integral o‘zgarmaslari $C_1; C_2$ lar (10.13) boshlang‘ich shartlardan foydalanib aniqlanadi:

$$C_1 = \frac{v_0 + x_0(n + \sqrt{n^2 - k^2})}{2\sqrt{n^2 - k^2}}; \; C_2 = \frac{v_0 + x_0(n - \sqrt{n^2 - k^2})}{2\sqrt{n^2 - k^2}}; \qquad (10.29)$$

(10.29) formuladan ko‘rinadiki, harakat tebranma bo‘lmaydi, vaqt o‘tishi bilan x kamayib nolga



10-shakl

intilib boradi, ya'ni $t \to \infty, x \to 0$.

Boshlang'ich shartlarining qanday bo'lishiga qarab, uning grafigi 8-shaklda tasvirlangan hollardan biri kabi bo'ladi.

3. Chegaraviy hol, ya'ni *n=k*.

Bu holda xarakteristik (10.8) tenglama ikkita teng, haqiqiy ildizga ega bo'ladi. Ya'ni:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = -n \tag{10.30}$$

bo'lib, (10.6) tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}(C_1 + C_2 t) \tag{10.31}$$

(10.13) boshlang'ich shartlardan foydalanib, integral doimiylarini hisoblaymiz:

$$C_1 = x_0;\ C_2 = v_0 + nx_0 \tag{10.32}$$

Demak, (10.6) tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}\left[x_0 + (v_0 + nx_0)t\right] \tag{10.33}$$

Bu hol ham davriy bo'lmagan xarakterga ega bo'lib, uning grafigi katta qarshiliklar bo'lgan hol grafigidan (10-shakl) farq qilmaydi. Nuqta harakati tebranma harakat bo'lmay, *aperiodik harakat*dan iboratdir.

Takrorlash uchun savollar

1. So'nuvchi tebranma harakat qanday kuchlar ta'sirida sodir bo'ladi?
2. So'nuvchi tebranma harakat differensial tenglamasining yechimlari nechta ko'rinishda ifodalanadi?
3. So'nish dekrementini tushuntiring.
4. So'nuvchi tebranma harakat davri, amplitudasi, boshlang'ich fazasi qanday ifodalanadi?
5. So'nuvchi tebranma harakat grafigi qanday?
6. Aperiodik harakatni tushintiring?

18 – MAVZU. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati

Reja:

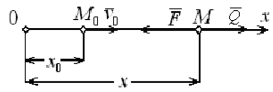
1. Majburiy tebranma harakatni sodir etuvchi kuchlar;
2. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi;
3. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi yechimi;
4. Rezonans ;
5. Majburiy tebranma harakat davri, amplitudasi, boshlang'ich fazasi , grafigi.
6. Muhitning qarshilik kuchi ta'siridagi moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati.

Tayanch so'zlar va iboralar

Qaytaruvchi kuch, uyg‘otuvchi kuch, uyg‘otuvchi kuch amplitudasi, doiraviy takroriy son, boshlang‘ich faza, muhit qarshilik kuchi, rezonans.

11. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati

Moddiy nuqtaga qaytaruvchi kuchdan tashqari uyg‘otuvchi kuch ham ta‘sir etsin. (11-shakl).



11-shakl

Uyg‘otuvchi kuch vaqtning davriy funksiyasi bo‘lsin.
Ya’ni:

$$Q = H\sin(pt + \delta) \qquad (11.1)$$

Bu yerda H - uyg‘otuvchi kuch amplitudasi, p - doiraviy takroriy son, δ - boshlang‘ich faza.
Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x + Q_x \qquad (11.2)$$

Kuchlarni proyeksiyalaymiz:

$$m\ddot{x} = -F + Q \qquad (11.3)$$

(11.1) tenglamalarni (13.3) ga qo‘yamiz:

$$m\ddot{x} = -cx + H\sin(pt + \delta) \qquad (11.4)$$

$$m\ddot{x} + cx = H\sin\left(pt + \delta\right) \rightarrow \ddot{x} + \frac{c}{m}x = \frac{H}{m}\sin\left(pt + \delta\right) \qquad (11.5)$$

Belgilash kiritamiz va (13.5) tenglamaga qo’yamiz:

$$k^2 = \frac{c}{m}; \;\; h = \frac{H}{m}$$

$$\ddot{x} + k^2 = h\sin\left(pt + \delta\right) \qquad (11.6)$$

(11.6) tenglama moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakat differensial tenglamasini ifodalaydi.
Moddiy nuqtaning qaytaruvchi va uyg‘otuvchi kuch ta‘siridagi harakati xususiy tebranishli, k – takroriy sonli erkin tebranma harakat va p – takroriy sonli majburiy tebranma harakatdan tashkil topgan. Differensial tenglama ikkinchi tartibli, bir jinsli bo‘lmagan, chap tomoni noldan farqli tenglamadir. Bu tenglamani integrallashda ikki holni ko‘riladi, ya’ni $p \neq k$ va $p = k$.
a) Xususiy tebranish va uyg‘otuvchi kuch takroriy sonlari teng bo‘lmagan hol $p \neq k$ uchun (13.6) tenglamaning yechimini ko‘ramiz.
Uning yechimi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = x_1 + x_2 \qquad (11.7)$$

Bu yerda x_1 yechimi $\ddot{x} + k^2 x = 0$ tenglamaning umumiy yechimi, x_2 esa (13.6) tenglamaning xususiy yechimidir.
Umumiy yechimi:

$$x_1 = C_1\cos kt + C_2\sin kt \qquad (11.8)$$

yoki

$$x_1 = a\sin\left(kt + \alpha\right) \qquad (11.9)$$

Xususiy yechimi:

$$x_2 = A\sin\left(pt + \delta\right) + B\cos\left(pt + \delta\right) \qquad (11.10)$$

Bu yerda *A, B* lar doimiy kattaliklar bo‘lib, ularni shunday tanlash kerakki (11.6) tenglama ayniyatga aylansin. (11.9) va (11.10) tenglamalarni (11.6) ga olib borib qo‘yib ayniyat hosil qilamiz:

$$-Bp^2\cos(pt+\delta) - Ap^2\sin(pt+\delta) + k^2(B\cos(pt+\delta) +$$
$$+A\sin(pt+\delta)) = h\sin(pt+\delta) \qquad (11.11)$$

Ayniyat o‘rinli bo‘lishi uchun $\sin(pt+\delta)$ va $\cos(pt+\delta)$ lar oldidagi koeffitsientlari teng bo‘lishi kerak.

Ya’ni, $\quad B\left(k^2-p^2\right)=0; \quad A\left(k^2-p^2\right)=h$

Bundan: $\quad B=0; \quad A=\dfrac{h}{k^2-p^2}$

Demak xususiy yechimi teng:

$$x_2 = \frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta) \qquad (11.12)$$

(11.8), (11.9) va (11.12) larni (11.7) ga qo‘ysak:

$$x = C_1\cos kt + C_2\sin kt + \frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta) \qquad (11.13)$$

yoki

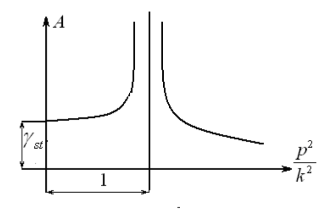
$$x = a\sin(kt+\alpha) + \frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta) \qquad (11.14)$$

hosil bo‘ldi. Bu yerda C_1, C_2 lar integral doimiy o‘zgarmaslaridir. Agar $p<k$ bo‘lsa, uyg‘otuvchi kuch bilan majburiy tebranma harakat fazalari bir xil bo‘ladi, $p>k$ bo‘lsa, (11.12) tenglama quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x_2 = \frac{h}{p^2-k^2}\sin(pt+\delta-\pi) \qquad (11.15)$$

Bu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, uyg‘otuvchi kuch takroriy soni p xususiy tebranish takroriy sonidan katta bo‘lib, lekin majburiy tebranish uyg‘otuvchi kuchga nisbatan π fazaga farq qiladi. Majburiy tebranish amplitudasi o‘zgarmas miqdor bo‘lib, uning $\dfrac{p^2}{k^2}$ nisbat bilan orasidagi bog‘liqlikni tekshiramiz. Ma'lumki, majburiy tebranish amplitudasi

$$A = \frac{h}{\left|k^2-p^2\right|} = \frac{\gamma_{st}}{\left|1-(p/k)^2\right|} \qquad (11.16)$$



12-shakl

bu yerda: $\gamma_{st} = \dfrac{h}{k^2} = \dfrac{H/m}{c/m} = \dfrac{H}{c}$ - nuqtaga uyg‘otuvchi kuchning maksimal qiymatiga teng o‘zgarmas kuch ta‘sir etganda, nuqtaning statik og‘ishini ifodalaydi. $\dfrac{p^2}{k^2}$ nisbatga bog‘liq ravishda *A* amplitudaning o‘zgarish grafigi 12-shaklda keltirilgan.

Harakat qonunini aniqlash uchun boshlang‘ich shartlardan, ya’ni $t=0$ da $x=x_0;\ \dot{x}=v_0$ dan foydalanib, (11.13) tenglamada integral o‘zgarmaslari $C_1; C_2$ larni aniqlaymiz:

$$x_0 = C_1 + \frac{h}{k^2-p^2}\sin\delta \quad \text{yoki} \quad C_1 = x_0 - \frac{h}{k^2-p^2}\sin\delta \qquad (11.17)$$

(11.13) tenglamadan hosila olamiz va boshlang‘ich shartlardan foydalanib C_2 ni aniqlaymiz:

$$\dot{x} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt + \frac{hp}{k^2 - p^2}\cos(pt+\delta) \tag{11.18}$$

$$\dot{x}_0 = C_2 k + \frac{hp}{k^2-p^2}\cos\delta; \quad C_2 = \frac{1}{k}\left(v_0 - \frac{hp}{k^2-p^2}\cos\delta\right) \tag{11.19}$$

Demak, harakat qonuni

$$x = x_0 \cos kt + \frac{v_0}{k}\sin kt - \frac{h}{k^2-p^2}\left(\cos kt \cdot \sin\delta + \frac{p}{k}\sin kt \cdot \cos\delta\right) +$$

$$+\frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta)$$

(11.20)

Tenglamadan ko‘rinib turibdiki, majburiy tebranish boshlang‘ich shartlarga bog‘liq emas.

b) Xususiy tebranish va uyg‘otuvchi kuch takroriy sonlari teng bo‘lgan hol $(p = k)$ uchun (11.5) tenglamaning yechimini ko‘ramiz. Bu holda ham (11.7), (11.8), (11.9) formulalardan foydalanamiz. (11.5) tenglamaning xususiy yechimini quyidagi ko‘rinishda qidiramiz:

$$x_2 = At\sin(kt+\delta) + Bt\cos(kt+\delta) \tag{11.21}$$

x_2 va $\ddot{x}_2$ lar qiymatlarini (13.5) tenglamaga olib borib qo‘ysak:

$$-2Bk\sin(kt+\delta) + 2Ak\cos(kt+\delta) = h\sin(kt+\delta) \tag{11.22}$$

kelib chiqadi. Bir xil trigonometrik funksiyalar oldidagi koeffitsientlarni tenglab *A va B* larni aniqlaymiz:

$$-2Bk = h\,,\ 2Ak = 0 \tag{11.23}$$

(11.23) dan:

$$B = -\frac{h}{2k}; \quad A = 0 \tag{11.24}$$

(11.24) tengliklarni (11.21) tenglamaga olib borib qo‘ysak, (11.5) tenglamaning *p=k* bo‘lgan holi uchun xususiy yechimi kelib chiqadi.

Ya’ni:

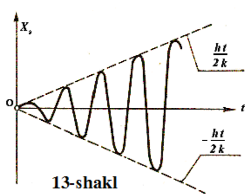
$$x_2 = -\frac{ht}{2k}\cos(kt+\delta) \tag{11.25}$$

(11.8), (11.9) va (11.25) larni (13.7)ga olib borib qo‘ysak, tenglamaning yechimi kelib chiqadi:

$$x = C_1\cos kt + C_2\sin kt - \frac{ht}{2k}\cos(kt+\delta)$$

$$x = a\sin(kt+\alpha) - \frac{ht}{2k}\cos(kt+\delta) \tag{11.26}$$

(11.26) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, biz tekshirayotgan tebranma harakatning bu holida ikkala tebranish ustma-ust tushadi. O‘zgarmas amplitudali xususiy tebranish xarakteri $p \neq k$ holidagi kabi o‘zgarmasdan qoldi. Majburiy tebranish fazasi uyg‘otuvchi kuch fazasidan $\frac{3}{2}\pi$ ga farq qiladi. Demak:



13-shakl

$$x_2 = -\frac{ht}{2k}\cos(kt+\delta) = \frac{hk}{2k}\sin(kt+\delta+\frac{3}{2}\pi) \tag{11.27}$$

Nuqtaning majburiy tebranma harakati amplitudasi o‘suvchi, $\frac{ht}{2k}$ ga teng bo‘lgan garmonik tebranma harakat kabi bo‘ladi. Demak *p=k* da *rezonans* hodisasi ro‘y beradi, ya’ni $t \to \infty$ da, tebranish amplitudasi cheksiz orta boradi.Bu hodisa akustika, radiotexnika va inshootlarni dinamik hisoblashda katta ahamiyatga egadir.

Grafigi sinusoida bo‘lib quyidagi $\frac{ht}{2k}, -\frac{ht}{2k}$ qonun bilan ifodalanuvchi to‘g‘ri chiziqlarga urinib o‘tadi (13-shakl).

Integral ixtiyoriy o‘zgarmaslari C_1 va C_2 lar boshlang‘ich shartlardan aniqlanadi, ya’ni: *t=0* da $x = x_0; \dot{x} = v = v_0$. (11.26) tenglamadan C_1 ni aniqlaymiz:

$$x_0 = C_1; C_1 = x_0 \tag{11.28}$$

(11.26) tenglamadan hosila olamiz:

$$\dot{x} = v = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt - \frac{h}{2k}\cos(kt+\delta) + \frac{ht}{2}\sin(kt+\delta)$$

(11.29)

(11.29) tenglamadan C_2 ni aniqlaymiz:

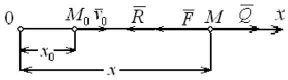
$$\dot{x}_0 = C_2 k - \frac{h}{2k}\cos\delta \;\rightarrow\; C_2 = \frac{1}{k}(v_0 + \frac{h}{2k}\cos\delta) \tag{11.30}$$

Demak, boshlang‘ich shartlarga mos holda (13.5) tenglamaning yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = x_0 \cos kt + \frac{1}{k}\left(v_0 + \frac{h}{2k}\cos\delta\right)\sin kt - \frac{ht}{2k}\cos(kt+\delta) \tag{11.31}$$

12. Muhitning qarshilik kuchi ta‘siridagi moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati

Massasi m bo‘lgan *M* moddiy nuqtaga qaytaruvchi kuch $F = cx$



14-shakl

tezlikka proporsional bo‘lgan muhitning qarshilik kuchi $\overline{R} = \mu\bar{v}$ va uyg‘otuvchi kuch $Q = H\sin(pt+\delta)$ ta‘sir etsin. Moddiy nuqta to‘g‘ri chiziqli harakat qiladi va boshlang‘ich vaqtda koordinata boshidan x_0 masofada joylashgan va $\bar{v}_0$ tezlikka egadir (14-shakl).

Nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = R_x + F_x + Q_x$$

$$m\ddot{x} = -cx - \mu v + H\sin(pt+\delta) \tag{12.1}$$

Tenglamaga o‘zgartirish kiritib hamma hadlarini massa *m* ga bo‘lamiz:

$$\ddot{x} + \frac{\mu}{m}v + \frac{c}{m}x = \frac{H}{m}\sin(pt+\delta) \tag{12.2}$$

Belgilash kiritamiz

$$\frac{H}{m} = h;\quad \frac{\mu}{m} = 2n;\quad \frac{c}{m} = k^2 \tag{12.3}$$

(12.3) ni (12.2) ga olib borib qo‘ysak, quyidagi formula kelib chiqadi:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = h\sin(pt+\delta) \tag{12.4}$$

(12.4) tenglama muhit qarshilik kuchini hisobga olganda moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakat differensial tenglamasidir. Uning yechimi ikkita tenglamalar yechimlarining yig‘indisidan iboratdir.

Ya’ni: $x = x_1 + x_2$ (12.5)

Bu yerda x_1 ni (12.6) differensial tenglamaning yechimi deb olamiz. Bu tenglama muhit qarshilik kuchi ta‘siridagi moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati differensial tenglamasi bo‘lib, tebranishning har bir hollari uchun yechimlari to‘liq 10-§ da keltirilgan. Kichik qarshiliklar bo‘lgan holda (10.6) tenglamaning yechimi (10.12) ga teng, ya’ni:

$$x_1 = e^{-nt}\left(C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t\right) \tag{12.6}$$

(12.4) differensial tenglamaning umumiy yechimi x_2 bo‘lib, quyidagi ko‘rinishda qidiriladi:

$$x_2 = D\sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{12.7}$$

noma‘lum integral doimiylar *D* va ε ni aniqlash uchun (12.7) tenglamadan birinchi va ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$\dot{x} = D\,p\cos(pt + \delta - \varepsilon) \tag{12.8}$$

$$\ddot{x}_2 = -Dp^2 \sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{12.9}$$

(14.7),(14.8), (14.9) ifodalarni (14.4) tenglamaga qo‘ysak:

$$-Dp^2 \sin(pt + \delta - \varepsilon) + 2nDp\cos(pt + \delta - \varepsilon) +$$
$$+ Dk^2 \sin(pt + \delta - \varepsilon) == h\sin(pt + \delta) \tag{12.10}$$

(12.10) tenglamaning o‘ng tomonini quyidagi ko‘rinishda ifodalaymiz:

$$h\sin(pt + \delta) = h\sin(pt + \delta - \varepsilon + \varepsilon) =$$
$$= h\sin(pt + \delta - \varepsilon)\cos\varepsilon + h\cos(pt + \delta - \varepsilon)\sin\varepsilon \tag{12.11}$$

(12.11) ni (12.10) ga qo‘ysak, (12.12) tenglama kelib chiqadi:

$$D(k^2 - p^2)\sin(pt + \delta - \varepsilon) + 2nDp\cos(pt + \delta - \varepsilon) =$$
$$= h\cos\varepsilon\sin(pt + \delta - \varepsilon) + h\sin\varepsilon\cos(pt + \delta - \varepsilon) \tag{12.12}$$

Bu ayniyat bajarilishi uchun (12.12) tenglamaning o‘ng va chap tomonlaridagi mos trigonometrik funksiyalar, ya’ni: $\sin(pt + \delta - \varepsilon)$ va $\cos(pt + \delta - \varepsilon)$ lar oldidagi koeffitsientlar teng bo‘lishi kerak.Ya’ni:

$$D\left(k^2 - p^2\right) = h\cos\varepsilon\,; \quad 2npD = h\sin\varepsilon \tag{12.13}$$

(11.13) tenglamani kvadratga ko‘tarib qo‘shsak, (11.14) tenglama kelib chiqadi. Ya’ni:

$$D = \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2)^2 + 4n^2p^2}} \tag{12.14}$$

(12.13) tenglamalarni o‘zaro bo‘lsak,

$$tg\varepsilon = \frac{2np}{k^2 - p^2} \tag{12.15}$$

kelib chiqadi.

Demak majburiy tebranishlar qonuni quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x_2 = \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2) + 4k^2p^2}}\sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{12.16}$$

(12.4) tenglamaning umumiy yechimi kichik qarshiliklar *(k>n)* bo‘lgan holda quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}(C_1\cos k_1t + C_2\sin k_1t) + \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2) + 4k^2p^2}}\sin(pt + \delta - \varepsilon)$$
$$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2} \tag{12.17}$$

yechimdan ko‘rinib turibdiki, muhit qarshiligi bo‘lgan holdagi majburiy tebranishlar qonuni xususiy tebranishlar va majburiy tebranishlarning yig‘indisidan iborat ekan. e^{-nt} ko‘paytma xususiy tebranishni tez so‘nishini ifodalaydi. Shuning uchun ko‘p hisoblarda majburiy tebranishga ahamiyat beriladi. Katta qarshiliklar va chegaraviy hollarda (12.4) tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishlarda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}\left(C_1 ch\sqrt{n^2 - k^2}\,t + C_2 sh\sqrt{n^2 - k^2}\,t\right) + \tag{12.18}$$
$$+ \frac{h}{\sqrt{\left(k^2 - p^2\right) + 4k^2p^2}}\sin\left(pt + \delta - \varepsilon\right);$$

$$x = e^{-nt}(C_1 + C_2t) + \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2) + 4k^2p^2}}\sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{12.19}$$

(12.17), (12.18) va (12.19) tenglamalardagi $C_1; C_2$ lar integrallash doimiylari bo‘lib, ularni boshlang‘ich shartlardan, ya’ni $t = 0$ da $x = x_0;\ \ v = v_0$ dan foydalanib aniqlanadi. (12.17) tenglamadan $C_1; C_2$ integral o‘zgarmaslarini aniqlaymiz:

$$C_2 = \frac{1}{k_1}(\vartheta_0 + nx_0 - nD\sin(\delta - \varepsilon) - pD\cos(\delta - \varepsilon));$$

$$C_1 = x_0 - D\sin(\delta - \varepsilon) \qquad (12.20)$$

Katta qarshiliklar va chegaraviy hollarda ham (11.4) tenglamaning yechimidagi o‘zgarmaslar boshlang‘ich shartlardan topiladi.

(12.17) tenglamadan ko‘rinadiki $t \to \infty$ da nuqtaning harakati faqat $x = D\sin(pt + \delta - \varepsilon)$ qonun bo‘yicha ifodalanuvchi majburiy tebranma harakatdan iborat bo‘lib qoladi. Majburiy tebranma harakatdan farqli erkin tebranma harakat juda kichik qarshilik kuchi bo‘lganda ham so‘nuvchi xarakterga ega bo‘ladi.

Takrorlash uchun savollar

1. Majburiy tebranma harakat qanday kuchlar ta‘sirida sodir bo‘ladi?
2. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi qanday ifodalanadi?
3. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi yechimi qanday ko‘rinishda ifodalanadi?
4. Rezonans qachon ro‘y beradi?
5. Muhit qarshiligi bo‘lgan holda majburiy tebranma harakat qanday kuchlar ta‘sirida sodir bo‘ladi?
6. Muhit qarshiligi bo‘lgan hol uchun majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi qanday ifodalanadi?
7. Muhit qarshiligi bo‘lgan hol uchun majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi yechimi qanday ko‘rinishda ifodalanadi?

19 – MAVZU. MEXANIK SISTEMA

Reja:

1.Mexanik sistemaga ta‘sir etuvchi kuchlarning klassifikatsiyasi;
2.Ichki kuchlar xossasi;
3.Mexanik sistema massasi va massalar markazi;
4. Mexanik sistema va qattiq jismning inersiya momenti;
5. Jismning parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari orasidagi bog‘lanish. Gyuygens-Shteyner teoremasi;
6. Ayrim bir jinsli jismlarning inersiya momentlarini hisoblash.

Tayanch so‘zlar va iboralar

Mexanik sistema, o‘zgarmas mexanik sistema, erkin mexanik sistema, bog‘lanishdagi mexanik sistema, ichki kuchlar, tashqi kuchlar, bosh vector, bosh moment, massalar markazi, inersiya momenti

13. Mexanik sistemaga ta‘sir etuvchi kuchlarning klassifikatsiyasi

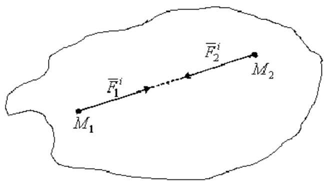
Bir-biri bilan ma‘lum munosabatda bog‘langan, har bir nuqtasining harakati va holati boshqa nuqtalarning holati, harakatiga bog‘liq bo‘lgan moddiy nuqtalar to‘plami *mexanik sistema* deyiladi. Agar mexanik sistema nuqtalari orasidagi masofa doimo o‘zgarmasdan qolsa, bunday sistema *o‘zgarmas mexanik sistema* deyiladi. O‘zgarmas mexanik sistemaga misol tariqasida qattiq jismni olish mumkin. Mexanik sistema erkin yoki bog‘lanishda bo‘lishi mumkin. Mexanik sistema nuqtalarining harakati biror sabab bilan chegaralanmagan bo‘lsa, bunday mexanik sistema *erkin mexanik sistema* deyiladi. Erkin mexanik sistemaga quyosh sistemasi misol bo‘ladi.

Mexanik sistema nuqtalarining harakati biror sabab bilan chegaralangan bo‘lsa, bunday mexanik sistema *bog‘lanishdagi mexanik sistema* deyiladi. Bog‘lanishdagi mexanik sistemaga mashina mexanizmlari misol bo‘la oladi. Mashina mexanizmlari qismlari o‘zaro sterjenlar, sharnirlar, tasmalar, tishli g‘ildiraklar vositasida bog‘lanadi.

Mexanik sistemaga ta‘sir etuvchi kuchlar ichki va tashqi kuchlardan iboratdir. *Mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning o‘zaro bir-biriga ko‘rsatadigan ta‘siri ichki kuchlar deyiladi*. Ichki kuchlar $\overline{F}^{\,i}$ bilan belgilanadi. *Mexanik sistema tarkibiga kirmaydigan jismlar tomonidan ko‘rsatiladigan kuchlar ta‘siri tashqi kuchlar deyiladi. T*ashqi kuchlar $\overline{F}^{\,e}$ bilan belgilanadi.

Ichki kuchlar xossasi

1.Ichki kuchlarning bosh vektori nolga teng.



15-shakl

Dinamikaning ta‘sir va aks ta‘sir tengligi qonuniga asosan sistemani tashkil qiluvchi nuqtalari miqdor jihatdan teng va bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi yo‘nalgan kuchlar bilan bir-biriga ta‘sir etadi. Masalan, M_1 va M_2 nuqtalarga ta‘sir etuvchi ichki kuchlar $\overline{F}_1^i = -\overline{F}_2^i$ bo‘lsin (23-shakl).

Bu kuchlarning geometrik yig‘indisi nolga teng.

$$\overline{F}_1^i + \overline{F}_2^i = 0 \qquad (13.1)$$

Mexanik sistemaning N ta nuqtasi uchun :

$$\overline{R}^i = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^i \qquad (13.2)$$

Demak, sistema nuqtalariga ta’sir etuvchi ichki kuchlarning geometrik yig‘indisi, ya’ni ichki kuchlarning bosh vektori nolga tengdir.

(13.2) tenglamani koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak, $(13.2')$ formula kelib chiqadi.

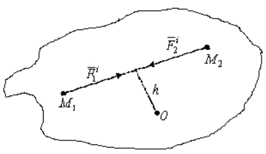
Ya’ni:

$$R_x^i = \sum F_{kx}^i = 0\,; \quad R_y^i = \sum F_{ky}^i = 0; \quad R_z^i = \sum F_{kz}^i = 0\,. \qquad (13.2')$$

2. Ichki kuchlarning biror markazga

nisbatan bosh momenti nolga teng. M_1 va M_2 nuqtalarga ta‘sir etuvchi ichki kuchlar $\overline{F}_1^i = -\overline{F}_2^i$ larning biror O markazga nisbatan momenti nolga tengdir (16-shakl)

$$\overline{m}_0\left(\overline{F}_1^i\right) + \overline{m}_0\left(\overline{F}_2^i\right) = 0 \qquad (13.3)$$



16-shakl

Mexanik sistema uchun (13.4) tenglamani hosil qilamiz:

$$\overline{M}_0^{\,i} = \sum_{k=1}^{n} m_0\left(\overline{F}_k^i\right) = 0 \qquad (13.4)$$

(13.4) tenglamani koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak, $(15{,}4')$ tenglamalar kelib chiqadi.

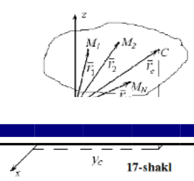
Ya’ni:

$$M_x^i = \sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k^i\right); \ M_y^i = \sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k^i\right); \ M_z^i = \sum_{k=1}^{n} m_z\left(\vec{F}_k^i\right)$$

Ichki kuchlarning bu xossalaridan ichki kuchlar o‘zaro muvozanatlashadi, degan natija kelib chiqmaydi, chunki bu kuchlar sistemaning turli nuqtalariga qo‘yilgan. Ichki kuchlar sistema nuqtalarining o‘zaro ko‘chishiga ta‘sir qiladi, ya’ni jismning deformatsiyasiga sabab bo‘ladi. Mutlaq qattiq jism o‘rganilayotganda ichki kuchlar muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasini tashkil qiladi.

14. Mexanik sistema massasi va massalar markazi

Mexanik sistema harakati, ta’sir etuvchi kuchlardan tashqari, massasiga


17-shakl

va massaning sistema bo'ylab taqsimlanishiga ham bog'liqdir. Mexanik sistema $M_1, M_2, ...M_n$ moddiy nuqtalardan tashkil topgan bo'lib, (17-shakl) ularning massalari mos ravishda $m_1, m_2, ..., m_n$ bo'lsin.Mexanik sistema nuqtalari massa- larining arifmetik yig'indisiga sistema massasi deyiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$M = \sum_{k=1}^{n} m_k \tag{14.1}$$

Massaning taqsimlanishi birinchi navbatda massalar markazi yoki mexanik sistema inersiya markazining holati bilan xarakterlanadi. Mexanik sistema N ta nuqtadan iborat bo'lib, massalar markazi yoki sistema inersiya markazi C nuqtaning holati tanlab olingan koordinata sistemasiga nisbatan $\bar{r}_c$ radius-vektor bilan aniqlanadi:

$$\bar{r}_c = \frac{\sum_{k=1}^{N} m_k \bar{r}_k}{M} \tag{14.2}$$

Bu yerda:

$m_k = (k = 1,2,..., N)$ mexanik sistemani tashkil etuvchi moddiy nuqtalar massasi

$\bar{r}_k (k = 1,2,..., N)$ moddiy nuqtalar radius- vektori;

$\sum_{k=1}^{N} m_k \bar{r}_k$ - O markazga nisbatan nuqtalar massalarining statik momentlarining yig'indisi.

Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalasak:

$$x_c = \frac{\sum m_k x_k}{M}; \quad y_c = \frac{\sum m_k y_k}{M}; \quad z_c = \frac{\sum m_k z_k}{M}. \tag{14,3}$$

(14.2) va (14.3) formulalardan ko'ramizki, sistema massalar markazining holati unga ta'sir etuvchi kuchlarga emas, sistema nuqtalari massalarining taqsimlanishiga bog'liq bo'ladi. (14.2) va (14.3) tenglamalarning surat va maxrajini g ga ko'paytirsak, og'irlik kuchi maydonida qattiq jismning og'irlik markazi aniqlanadi. Ya'ni

$$\bar{r}_c = \frac{\sum G_k \bar{r}_k}{\sum G_k} = \frac{\sum m_k g \bar{r}_k}{\sum m_k g} = \frac{\sum m_k \bar{r}_k}{\sum m_k} = \frac{\sum m_k \bar{r}_k}{M} \tag{14.4}$$

kelib chiqadi. (14.2) va (14.4) formulalardan ko'rinib turibdiki, og'irlik markazi va massalar markazi bir xil formulaga ega bo'lgani bilan mazmun jihatdan farq qiladi. Og'irlik markazi jismga ta'sir etuvchi og'irlik kuchlari teng ta'sir etuvchisining qo'yilish nuqtasidir. Sistema og'irlik kuchi maydonida harakatlanganidagina og'irlik kuchi mavjuddir. Sistema massalar markazi esa unga ta'sir etuvchi kuchlarga bog'liq emas. Massalar markazi har qanday moddiy nuqtalar sistemasiga tegishli bo'lib, u sistemadagi massa taqsimlanishini xarakterlaydi. Sistema massalar markazi og'irlik markaziga nisbatan kengroq tushunchadir. (14.2) va (14.3) formulalarni quyidagicha yozamiz:

$$M\bar{r}_c = \sum m_k \bar{r}_k \tag{14.5}$$

$$Mx_c = \sum m_k x_k; \quad My_c = \sum m_k y_k; \quad Mz_c = \sum m_k z_k. \tag{14.6}$$

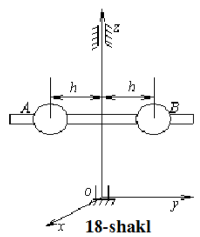
(16.5) sistemaning qutbga nisbatan, (16.6) tenglamalar esa *Oxy, Oxz, Oyz* tekisliklarga nisbatan statik momentlar deyiladi. Sistema massalar markazini qutb deb olsak, sistemaning unga nisbatan statik momenti:

$$M\bar{\rho}_c = \sum m_k \bar{\rho}_k = 0$$

ga teng bo'ladi. Sistemaning massalar markazidan o'tuvchi ixtiyoriy tekislikka nisbatan statik momenti ham nolga teng bo'ladi.

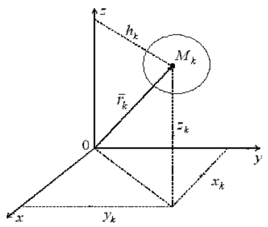
15. Mexanik sistema va qattiq jismning inersiya momenti

Massalar markazining holati sistemada massa taqsimlanishini to‘liq xarakterlamaydi. Masalan, Oz o‘qidan h masofada turuvchi , bir xil massali A va B sharlar holatini bir xil masofaga o‘zgartirsak, sistema massalar markazining holati o‘zgarmaydi (18-shakl). Lekin sistemada massa taqsimlanishi o‘zgaradi, ya’ni sistemaning o‘z o‘qi atrofida aylanishi tezlashadi yoki sekinlashadi. Mexanik sistemaning aylanma harakatidagi massa taqsimlanishini xarakterlaydigan miqdor uning inersiya momentidir. Inersiya momenti nuqtaga, o‘qqa va tekislikka nisbatan bo’lishi mumkin



18-shakl

Mexanik sistemaning biror o‘qqa (nuqtaga, tekislikka) nisbatan inersiya momenti deb sistema har bir zarrachasi massasini shu zarrachadan mazkur o‘qqacha (nuqtagacha, tekislikkacha) bo‘lgan masofa kvadratiga ko‘paytmasining butun sistema zarrachalari bo‘yicha olingan yig‘indisiga aytiladi (19-shakl).



19-shakl

$$I_z = \sum m_k h_k^2 \tag{15.1}$$

$m_k - M_k$ zarrachaning massasi,

$h_k - M_k$ zarrachadan Oz o‘qigacha bo‘lgan masofa,

I_z - *Oz* o‘qiga nisbatan sistemaning inersiya momenti.

19-shakldan $h_k^2 = x_k^2 + y_k^2$ ekan- ligini e’tiborga olsak va (17.1)ga olib borib qo‘ysak hamda xuddi shunday tartibda *Ox.Oy* o‘qlariga nisbatan inersiya momentlarin hisoblasak, quyidagi tenglamalar kelib chiqadi:

$$I_x = \sum m_k (y_k^2 + z_k^2); \quad I_y = \sum m_k (x_k^2 + z_k^2); \quad I_z = \sum m_k \left(x_k^2 + y_k^2\right) \tag{15.2}$$

(15.2) tenglama koordinata o‘qlariga nisbatan inersiya momentlarini ifodalaydi. Koordinata boshi O nuqtaga nisbatan inersiya momenti teng bo‘ladi:

$$I_o = \sum m_k r_k^2 = \sum m_k (x_k^2 + y_k^2 + z_k^2) \tag{15.3}$$

(15.2) tengliklarni hadma-had qo‘shsak va (17.3) ni e’tiborga olsak,

$$I_o = \frac{1}{2}\left(I_x + I_y + I_z\right) \tag{15.4}$$

(15.4) ni hosil qilamiz. Bu formula nuqtaga va o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. Sistemaning Oxy,Oyz,Oxz tekisliklariga nisbatan inersiya momentlari quyidagi (15.5) formuladan aniqlanadi:

$$I_{Oxy} = \sum m_k z_k^2; \quad I_{Oyz} = \sum m_k x_k^2; \quad I_{Oxz} = \sum m_k y_k^2. \tag{15.5}$$

(15.5) ni hadma-had qo‘shib (17.3) ni e’tiborga olsak,

$$I_0 = I_{Oxy} + I_{Oyz} + I_{Oxz} \tag{15.6}$$

kelib chiqadi. Qattiq jismning inersiya momentini hisoblash uchun uni juda kichik bo‘lakchalardan tashkil topgan deb qarab,

(15.1) - (15.5) formulalarda m_k lar o‘rniga Δm_k ni qo‘yamiz. Bo‘lakchalar sonini orttirib borib, $N \to \infty$ $\Delta m_k \to 0$ bo‘lgandagi inersiya momentining limitini hisoblash lozim. Masalan, biror $O\zeta$ o‘qiga nisbatan qattiq jismning inersiya momenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$I_\xi = \lim_{\substack{m_k \to 0 \\ N \to \infty}} \sum_{k=1}^{N} m_k h_k^2 = \int_v h^2 dm \tag{15.7}$$

Qattiq jismning inersiya momentlari quyidagicha ifodalanadi:

a) o‘qqa nisbatan inersiya momenti:

$$I_x = \int_{(v)} (y^2 + z^2) dm \,; I_y = \int_{(v)} (x^2 + z^2) dm \,; \quad I_z = \int_{(v)} (x^2 + y^2) dm. \tag{15.8}$$

b) nuqtaga nisbatan inersiya momenti:

$$I_o = \int\limits_{(v)} (x^2 + y^2 + z^2)\,dm \tag{15.9}$$

d) tekislikka nisbatan inersiya momenti:

$$I_{Oyz} = \int\limits_{(v)} x^2 dm\,; \quad I_{Oxz} = \int\limits_{(v)} y^2 dm \quad ; \quad I_{Oxy} = \int\limits_{(v)} z^2 dm \tag{15.10}$$

Ko‘pincha qattiq jismning o‘qqa nisbatan inersiya momenti inersiya radiusi orqali quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$I_z = M\rho_i^2 \tag{15.11}$$

Bu yerda : ρ_i -inersiya radiusi, M - qattiq jism massasi.

Agarda qattiq jismning tajribalardan yoki hisoblardan o‘qqa nisbatan inersiya momenti ma‘lum bo‘lsa, (17.11) formuladan inersiya radiusi aniqlanadi. Ya’ni:

$$\rho_i = \sqrt{\frac{I_z}{M}} \tag{15.12}$$

Inersiya radiusi uzunlik birligida o‘lchanadi.

16. Jismning parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari orasidagi bog‘lanish. Gyuygens-Shteyner teoremasi

Teorema:

Jismning biror o‘qqa nisbatan inersiya momenti jism inersiya markazidan o‘tuvchi va berilgan o‘qqa parallel bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti bilan jism massasining mazkur o‘qlar orasidagi masofa kvadrati ko‘payitmasining yig‘indisiga teng (20-shakl).

Ya’ni:

$$I_{Oz} = I_{Cz'} + M\,d^2 \tag{16.1}$$

Isbot:

Bizga ma‘lum (17.2) formulaga asosan :

$$I_{Oz} = \sum m_k \left(x_k^2 + y_k^2\right) \tag{16.2}$$

20-shaklda belgilanishiga asosan:

$$x_k^1 = x_k\,; y_k = y_k^1 + d \tag{16.3}$$

(16.3) ifodani (18.2) ga olib borib qo‘ysak :

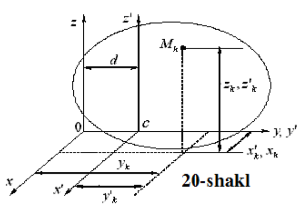
$$I_{Oz} = \sum m_k \left[x_k^{1^2} + \left(y_k^1 + d\right)^2\right] = \sum m_k \left[x_k^{1^2} + y_k^{1^2} + 2y_k^1 \cdot d + d^2\right] =$$
$$= \sum m_k \left(x_k^{1^2} + y_k^{1^2}\right) + +2d\sum m_k y_k^1 + \sum m_k d^2 \tag{16.4}$$

(16.4) tenglamadagi har bir hadlar quyidagicha ifodalanadi:

$\sum m_k \left(x_k^{1^2} + y_k^{1^2}\right) = I_{cz'}$ - bu ifoda massalar markazi orqali o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti. $\sum m_k = M$ -butun sistema massasi.

$\sum m_k y_k' = My_c = 0$ - chunki sistemaning massalar markazini ifodalovchi C nuqta $Cx'y'z'$ koordinatalar sistemasining boshida olingani uchun $y_c = 0$. Bularni (16.4) tenglamaga olib borib qo‘ysak, $I_{Oz} = I_{Cz'} + Md^2$ kelib chiqadi.

Demak, teorema isbotlandi. Sistemaning massalar markazi orqali o‘tuvchi o‘qqa nisbatan aniqlangan inersiya momenti, unga parallel bo‘lgan o‘qlarga nisbatan aniqlangan inersiya momentlari orasida eng kichigi hisoblanadi.



20-shakl

Takrorlash uchun savollar

1. Mexanik sistema deb nimaga aytiladi?
2. Erkin va bog'lanishdagi mexanik sistema deb nimaga aytiladi?
3. Qanday kuchlarga ichki va tashqi kuchlar deyiladi?
4. Ichki kuchlar xossasi nimadan iborat?
5. Mexanik sistema massasi qanday aniqlanadi?
6. Mexanik sistema massasining koordinatlari formulasini yozing.
7. Nuqtaga nisbatan inersiya momenti qanday hisoblanadi?
8. O'qqa nisbatan inersiya momenti qanday hisoblanadi?
9. Tekislikka nisbatan inersiya momenti qanday hisoblanadi?
10. Gyuygens-Shteyner teoremasi qanday ta'riflanadi?
11. Bir jinsli sterjenning inersiya momentini qanday hisoblanadi?
12. Ingichka bir jinsli halqaning inersiya momentini hisoblang.
13. Bir jinsli doiraviy yupqa plastinkaning inersiya momenti qanday aniqlanadi?
14. Bir jinsli sharning inersiya momenti qanday aniqlanadi?

20– MAVZU. MODDIY NUQTA VA MEXANIK SISTEMA UCHUN DINAMIKANING UMUMIY TEOREMALARI

Moddiy nuqta va mexanik sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema. Mexanik sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema

Reja:

1. Mexanik sistemaning harakat differensial tenglamalari
2. Moddiy nuqta va mexanik sistemaning harakat miqdori. 3.Kuch impulsi
4. Teng ta'sir etuvchi kuchning impulsi
5. Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema
6. Mexanik sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema
7. Sistemaning massalar markazining harakati;
8. Massalar markazining harakati haqidagi teorema;
9. Mexanik sistema massalar markazining saqlanish qonuni

Tayanch so'zlar va iboralar

Kuch impulsi, teng ta'sir etuvchi, harakat miqdori, chekli vaqt, saqlanish qonuni. Ichki va tashqi kuchlar, harakat tenglama, ichki kuchlar xossasi, massalar markazi, bosh vektori, saqlanish qonunini, harakat differensial tenglamalarini,

17. Mexanik sistemaning harakat differensial tenglamalari

$M_1, M_2, ..., M_N$ nuqtalardan tashkil topgan mexanik sistemaning ixtiyoriy M_ν nuqtasiga ta'sir etuvchi tashqi kuchni $\overline{F}_\nu^e$ va ichki kuchni $\overline{F}_\nu^i$ bilan belgilaymiz. Nuqtaning *Oxyz* koordinata o'qiga nisbatan radius-vektori $\overline{r}_\nu$ ga teng (21-shakl).

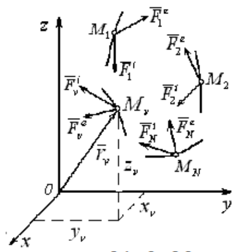
Nuqta harakat differensial tenglamasining vektorli ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$m_\nu \frac{d^2\bar{r}_\nu}{dt^2} = \bar{F}_\nu^e + \bar{F}_\nu^i \qquad (17.1)$$

Bunda $\frac{d^2\bar{r}_\nu}{dt^2} = \bar{a}_\nu$ mazkur nuqtaning tezlanishi. (17.1) tenglamani *Oxyz* Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyasi
quyidagicha ifodalanadi:

$$m_\nu \frac{d^2x_\nu}{dt^2} = F_{\nu x}^e + F_{\nu x}^i\,;\; m_\nu \frac{d^2y_\nu}{dt^2} = F_{\nu y}^e + F_{\nu y}^i\,;\; m_\nu \frac{d^2z_\nu}{dt^2} = F_{\nu z}^e + F_{\nu z}^i. \qquad (17.2)$$

Sistemaning har bir nuqtasi uchun (17.1) tenglama o‘rinli bo‘ladi.



21-shakl

$$\left.\begin{aligned} m_1\frac{d^2r_1}{dt} &= \bar{F}_1^e + \bar{F}_1^i, \\ m_2\frac{d^2r_2}{dt} &= \bar{F}_2^e + \bar{F}_2^i, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ m_k\frac{d^2r_k}{dt} &= \bar{F}_k^e + \bar{F}_k^i. \end{aligned}\right\} \qquad (17.3)$$

(17.3) tenglamani hadma-had qo‘shsak, quyidagi ifoda kelib chiqadi :

$$\sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d^2\bar{r}_k}{dt^2} = \sum_{k=1}^{N}\bar{F}_k^e + \sum_{k=1}^{N}\bar{F}_k^i \qquad (17.4)$$

(17.4) tenglamaning *Oxyz* Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\left.\begin{aligned} \sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d^2x_k}{dt^2} &= \sum_{k=1}^{N} F_{kx}^e + \sum_{k=1}^{N} F_{kx}^i \\ \sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d^2y_k}{dt^2} &= \sum_{k=1}^{N} F_{ky}^e + \sum_{k=1}^{N} F_{ky}^i \\ \sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d^2z_k}{dt^2} &= \sum_{k=1}^{N} F_{kz}^e + \sum_{k=1}^{N} F_{kz}^i \end{aligned}\right\} \qquad (17.5)$$

(17.2) va (17.5) tenglamalari mexanik sistemaning harakat differensial tenglamalari deyiladi.

18. Moddiy nuqta va mexanik sistemaning harakat miqdori. Kuch impulse

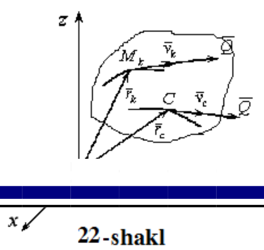
Mexanikada moddiy nuqta, mexanik sistemaning harakat o‘lchovlari sifatida uning harakat miqdori olinadi. Moddiy nuqtaning massasini uning berilgan ondagi tezlik vektoriga ko‘paytmasiga teng $\bar{q}$ - vektor *nuqtaning harakat miqdori* deyiladi. Ya’ni:

$$\bar{q} = m\bar{v} \qquad (18.1)$$

$\bar{q}$ - vektor tezlik vektori bilan bir tomonga yo‘naladi (18.1) tenglamani koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak, nuqta harakat miqdorining Dekart koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari kelib chiqadi

$$q_x = mv_x = m\dot{x};\; q_y = mv_y = m\dot{y};\; q_z = mv_z = m\dot{z}. \qquad (18.2)$$

Mexanik sistema nuqtalari harakat miqdorlarining geometrik yig‘indisiga



22-shakl

teng

$\overline{Q}$ - vektor *sistemaning harakat miqdori* yoki *harakat miqdorining bosh vektori* deyiladi (22-shakl). Ya'ni:

$$\overline{Q} = \sum_{k=1}^{N} m_k \overline{v}_k \tag{18.3}$$

Bu yerda $\overline{v}_k = \dfrac{d\overline{r}_k}{dt}$ ekanligini va e'tiborga olsak, (18.3) tenglama quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\overline{Q} = \sum_{k=1}^{N} m_k \overline{v}_k = \sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d\overline{r}_k}{dt} = \frac{d}{dt}\sum_{k=1}^{N} m_k \overline{r}_k = M\frac{d\overline{r}_c}{dt} = M\overline{v}_c$$

$$\overline{Q} = M\overline{v}_c \tag{18.4}$$

(18.4) tenglamadan ma'lumki, mexanik sistema harakat miqdori sistema massasi bilan sistema massalar markazi tezligining ko'paytmasiga teng yoki sistemaning harakat miqdori butun sistema massasi mujassamlashgan sistema massalar markazining harakat miqdoriga teng. (18.3) va (18.4) tenglamalarni koordinata o'qlariga proyeksiyalasak, sistema harakat miqdorining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari aniqlanadi.Ya'ni:

$$Q_x = \sum_{k=1}^{N} m_k v_{kx} = Mv_{cx};\ Q_y = \sum_{k=1}^{N} m_k v_{ky} = Mv_{cy};\ Q_z = \sum_{k=1}^{N} m_k v_{kz} = Mv_{cz}. \tag{18.5}$$

Mexanik harakatning vektorli o'lchovi sifatida harakat miqdori olinadi. Berilgan nuqtaga boshqa moddiy obyektlarning har ondagi mexanik ta'sirini xarakterlovchi o'lchov sifatida kuch olinadi. Lekin kuch ta'sirining effekti uning har ondagi miqdor va yo'nalishigagina bog'liq bo'lmay, balki uning ta'sir vaqtiga ham bog'liq bo'ladi. Miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarmas bo'lgan $\overline{F}$ kuch bilan uning ta'sir vaqti t ning ko'paytmasiga teng vektor *kuchning impulsi* deyiladi. Ya'ni:

$$\overline{S} = \overline{F}\cdot t \tag{18.6}$$

Kuch impulsi o'zaro mexanik ta'sirning vektorli o'lchovi bo'lib, uning yo'nalishi kuchning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi va berilgan vaqt ichida moddiy nuqta (mexanik sistema) ga boshqa moddiy obyektlarning ta'sirini ifodalaydi.

SI birliklar sistemasida kuch impulsi $N{\cdot}s$ bilan o'lchanadi.

Agar ta'sir etuvchi kuch $\overline{F} = \overline{F}(t)$ vaqtning funksiyasidan iborat bo'lsa, kuchning dt vaqt ichida ta'siri *kuchning elementar impulsi* deb ataladi. Ya'ni:

$$d\overline{S} = \overline{F}dt \tag{18.7}$$

Kuch elementar impulsining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini ifodalaymiz:

$$dS_x = F_x dt;\quad dS_y = F_y dt;\quad dS_z = F_z dt. \tag{18.8}$$

Chekli vaqt oralig'idagi kuch impulsini aniqlash uchun (21.7) tenglamani integrallaymiz:

$$\overline{S} = \int_0^t \overline{F}dt \tag{18.9}$$

Kuch impulsining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini aniqlash uchun (18.8) tenglamalarni integrallaymiz:

$$S_x = \int_0^t F_x dt;\quad S_y = \int_0^t F_y dt;\ S_z = \int_0^t F_z dt. \tag{18.10}$$

Kuch impulsining moduli va yo'nalishlari uning proyeksiyalari orqali quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2},$$

$$\cos(\bar{S} \wedge \bar{i}) = \frac{S_x}{S}; \quad \cos(\bar{S} \wedge \bar{j}) = \frac{S_y}{S}; \quad \cos(\bar{S} \wedge \bar{k}) = \frac{S_z}{S}. \tag{18.11}$$

Miqdor va yo‘nalishi o‘zgarmas bo‘lgan kuch uchun kuch impulsining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyasini (18.6) tenglamadan aniqlaymiz:

$$S_x = F_x t; \ S_y = F_y t; \ S_z = F_z t. \tag{18.12}$$

Bu yerda F_x, F_y, F_z lar $\bar{F}$ kuchning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari.

19. Teng ta‘sir etuvchi kuchning impulsi

Agar M nuqtaga bir necha $F_1, F_2, F_3, ..., \bar{F}_n$ kuchlar ta‘sir etsa, kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi teng bo‘ladi:

$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \cdots + \bar{F}_n \tag{19.1}$$

(19.1) tenglamaning ikki tomonini dt ga ko‘paytirib, vaqt t_1 dan t_2 ga o‘zgarganda integrallaymiz:

$$\int_{t_1}^{t_2} \bar{R} dt = \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}_1 dt + \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}_2 + \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}_3 + \cdots + \int_{t_1}^{t_2} \bar{F}_n \tag{19.2}$$

(19.2) tenglamaning har bir hadi mos kuchlar impulsini tashkil etadi.
Ya’ni:

$$\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 + \bar{S}_3 + \cdots + \bar{S}_n \tag{19.3}$$

Demak, chekli vaqt oraligida teng ta‘sir etuvchi kuchning impulsi tashkil etuvchi kuchlarning shu vaqt oraligidagi impulslarining geometrik yig‘indisiga tengdir. (19.3) tenglamaning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} S_x &= S_{1x} + S_{2x} + S_{3x} + \cdots + S_{nx} \\ S_y &= S_{1y} + S_{2y} + S_{3y} + \cdots + S_{ny} \\ S_z &= S_{1z} + S_{2z} + S_{3z} + \cdots + S_{nz} \end{aligned} \tag{19.4}$$

(19.4) tenglamadan ma‘lumki, teng ta‘sir etuvchi kuchning o‘qdagi proyeksiyasi tashkil etuvchi kuchlarning shu o‘qdagi proyeksiyalarining algebraik yig‘indisiga tengdir.

20. Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teorema

Moddiy nuqtaning $\bar{F}$ kuch ta‘siridagi harakat differensial tenglamasi vektor usulida berilgan bo‘lsin:

$$\frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \vec{F} \tag{20.1}$$

(20.1) tenglamaning ikkala tomonini dt ga ko‘paytirsak:

$$d(m\vec{v}) = \vec{F}dt \tag{20.2}$$

(19.7) tenglamani e’tiborga olsak, (20.2) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$d(m\vec{v}) = d\vec{S} \tag{20.3}$$

(20.2) yoki (20.3) tenglamalar moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial ko‘rinishidagi ifodasidir.Ya’ni: *nuqta harakat miqdorining differensiali nuqtaga ta‘sir etuvchi kuchning elementar impulsiga tengdir.*
(20.3) ni koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak,

$d(mv_x) = F_x dt, \quad d(mv_v) = F_y dt, \; d(mv_z) = F_z dt.$ (20.4) (18.2) va (18.8) ifodalarni e'tiborga olsak, (18.4) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$dq_x = dS_x, \quad dq_y = dS_y, \quad dq_z = dS_z. \tag{20.5}$$

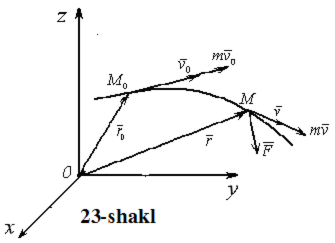
Demak, nuqta harakat miqdorining biror koordinata o'qidagi proyeksiyasining differensiali nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning elementar impulsining mazkur o'qdagi proyeksiyasiga teng. Chekli vaqt ichida nuqta harakat miqdorining o'zgarishini aniqlash uchun (20.2) tenglamani integrallaymiz (23-shakl):

$$m\bar{v} - m\bar{v}_0 = \int_0^t \bar{F} dt \tag{20.6}$$

$$m\bar{v} - m\bar{v}_0 = \bar{S} \tag{20.7}$$

(20.7) tenglamaning koordinata o'qlaridagi ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\left.\begin{aligned} mv_x - mv_{0x} &= S_x; \\ mv_y - mv_{0y} &= S_y; \\ mv_z - mv_{0z} &= S_z. \end{aligned}\right\} \tag{20.8}$$



23-shakl

Amaliyotda asosan masalalar (20.8) formulalardan foydalanilgan holda yechiladi. Harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema $\bar{F}$ kuch faqat vaqtning funksiyasidan iborat yoki miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarmas bo'lgan hollarda o'rinli bo'ladi. Harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremadan foydalanib, nuqtaning harakat differensial tenglamalarining birinchi integrallarini aniqlash mumkin .

Agar $\bar{F} = 0$ bo'lsa, ya'ni nuqtaga hech qanday kuchlar ta'sir etmasa (yoki ta'sir etuvchi kuchlar nolga ekvivalent bo'lsa), u holda (20.2) ga ko'ra

$$d(m\vec{v}) = 0,$$

binobarin,

$$m\vec{v} = \vec{c} = const \tag{20.9}$$

yoki (20.6) ga ko'ra

$$m\vec{v} = m\bar{v}_0 \tag{20.10}$$

tenglik o'rinli bo'ladi.

(20.9) yoki (20.10) tengliklar *harakat miqdorining saqlanish qonunini* bildiradi va nuqta harakat differensial tenglamasining birinchi vektorli integralini ifodalaydi. (20.9) da massa o'zgarmas bo'lgani uchun ko'rilayotgan holda $\bar{v} = const$ bo'ladi, ya'ni nuqta to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'ladi. Bu natija Nyutonning birinchi qonuni (inersiya qonuni) ni ifodalaydi. Agar kuchning biror o'qdagi proyeksiyasi nolga teng bo'lsa, ya'ni, $F_x = 0$, u holda (20.8) ga asosan,

$$mv_x - mv_{ox} = 0$$

ga teng.

Binobarin $\quad v_x = v_{ox} = C_1 \quad yoki \quad \dot{x} = C_1$ (20.11)

(20.11) dan ko'ramizki, ta'sir etuvchi kuchning biror o'qdagi proyeksiyasi nolga teng bo'lsa, nuqta tezligining mazkur o'qdagi proyeksiyasi o'zgarmasdan qoladi.

21. Mexanik sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema

N ta moddiy nuqtalardan tashkil topgan sistema nuqtalariga ichki va tashqi kuchlar ta'sir etsin. U holda:

$$m_\nu \frac{d^2 \bar{r}_\nu}{dt^2} = \bar{F}_\nu^e + \bar{F}_\nu^i \qquad (\nu = 1 \cdots N)$$

ekanligini nazarda tutib, sistemaning harakat differensial tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d}{dt}(m_\nu \vec{v}_\nu) = \vec{F}_\nu^e + \vec{F}_\nu^i \quad (\nu = 1 \cdots N) \tag{21.1}$$

Sistemaning har bir nuqtasi uchun (21.1) tenglamani qo‘llab hadma had qo‘shsak, (21.2) hosil bo‘ladi:

$$\frac{d}{dt}\sum m_\nu \vec{v}_\nu = \sum \vec{F}_\nu^e + \sum \vec{F}_\nu^i \tag{21.2}$$

Bunda $\sum m_\nu \bar{v}_\nu = \bar{Q}$ ifoda sistemaning harakat miqdoriga teng. Ichki kuchlarning xossasiga ko‘ra $\sum \bar{F}_\nu^i = 0$ bo‘ladi. $\sum \bar{F}_\nu^e = \bar{R}^e$ tashqi kuchlarning bosh vektoriga tengligini hisobga olsak, (21.2) tenglama quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\frac{d\vec{Q}}{dt} = \vec{R}^e \tag{21.3}$$

(21.3) *tenglama sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial ko‘rinishidir.*

Teorema: *Sistemaning harakat miqdoridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli u hosila sistemaga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlarning bosh vektoriga teng.*

(21.3) tenglamada ichki kuchlar qatnashmaydi. Haqiqatan ham ichki kuchlar sistema ayrim nuqtalarining harakat miqdori o‘zgarishiga ta’sir etsada, sistema harakat miqdorining o‘zgarishiga bevosita emas,

bavosita ta‘sir etadi. Agar sistemaga tashqi kuchlar ta’sir etmasa yoki tashqi kuchlarning bosh vektori nolga teng bo‘lsa $(\bar{R}^e = 0)$, (21.3) tenglamadan quyidagi natija kelib chiqadi:

$$\frac{d\vec{Q}}{dt} = 0$$

Ya’ni: $\bar{Q} = const$ (21.4)

(21.4) tenglik *mexanik sistema harakat miqdorining saqlanish qonuni* deb ataladi. Bu tengliklardan ko‘ramizki, *agar sistemaga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlarning bosh vektori nolga teng bo‘lsa, sistemaning harakat miqdori vektori miqdor va yo‘nalish jihatdan o‘zgarmas bo‘ladi.*
(21.3) ni Dekart koordinata o‘qlariga proyeksiyalab, sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning skalyar ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{dQ_x}{dt} = R_x^e, \quad \frac{dQ_y}{dt} = R_y^e, \quad \frac{dQ_z}{dt} = R_z^e. \tag{21.5}$$

Demak, *sistema harakat miqdorining biror o‘qdagi proyeksiyasidan vaqt bo‘yicha olingan hosila, sistemaga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining mazkur o‘qdagi proyeksiyasiga teng.*

(21.3) tenglamaning chap va o‘ng tomonini *dt* ga ko‘paytirib, integrallasak:

$$\vec{Q} - \vec{Q}_0 = \int_0^t \vec{R}^e dt \tag{21.6}$$

(21.6) tenglama *sistema harakat miqdorining chekli vaqt ichida o‘zgarishi haqidagi teoremani* ifodalaydi.

Teorema: *Sistema harakat miqdorining chekli vaqt ichida o‘zgarishi sistema nuqtalariga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining shu vaqt ichidagi impulsiga teng.*

(21.6) ni qo‘zg‘almas Dekart koordinata o‘qlariga proyeksiyalab, quyidagi tenglamalarni olamiz:

$$Q_x - Q_{ox} = \int_0^t R_x^e dt, \quad Q_y - Q_{oy} = \int_0^t R_y^e dt, \quad Q_z - Q_{oz} = \int_0^t R_z^e dt. \qquad (21.7)$$

Demak, *chekli vaqt ichida biror qo'zg'almas koordinata o'qlari bo'yicha sistema harakat miqdorining o'zgarishi, shu vaqt ichida sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektori impulsining mazkur o'qdagi proyeksiyasiga teng bo'ladi.*

Agar tashqi kuchlar bosh vektorining biror Ox o'qidagi proyeksiyasi nolga teng bo'lsa, ya'ni $R_x^e = 0$ bo'lsa, (21.7) tenglamadan :

$$Q_x - Q_{ox} = 0$$

kelib chiqadi.

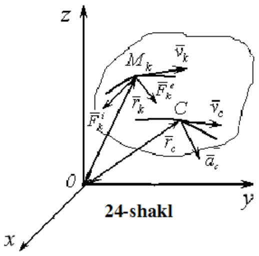
Binobarin,
$$Q_x = Q_{ox} = const \qquad (21.8)$$
bo'ladi.

(21.8) tenglik berilgan o'q bo'yicha *sistema harakat miqdorining saqlanish qonunini* ifodalaydi.

Demak, *sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining biror o'qdagi proyeksiyasi nolga teng bo'lsa, sistema harakat miqdorining mazkur o'qdagi proyeksiyasi o'zgarmas bo'ladi.*

22. Mexanik sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema

Ichki va tashqi kuchlar ta'sirida harakatlanuvchi $M_1, M_2, ..., M_N$ moddiy nuqtalar sistemasi harakatini ko'ramiz. Sistema massalar markazini (14.2) tenglamaga asosan aniqlaymiz (24-shakl)



24-shakl

Ya'ni:
$$\bar r_c = \frac{\sum_{k=1}^{N} m_k \bar r_k}{M} \qquad (£)$$

(£) tenglamani umumiy maxrajga keltirsak (22.1) kelib chiqadi:

$$M\bar r_c = \sum_{k=1}^{N} m_k \bar r_k \qquad (22.1)$$

Moddiy nuqtalar sistemasi harakat tenglamasi (20.4) tenglama orqali ifodalanadi. Ya'ni:

$$\sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d^2 \bar r_k}{dt^2} = \sum_{k=1}^{N} \bar F_k^e + \sum_{k=1}^{N} \bar F_k^i \qquad (££)$$

(££) tenglamaning chap va o'ng tomonlarida o'zgartirishlar kiritamiz:

$$\sum_{k=1}^{N} m_k \frac{d^2 \bar r_k}{dt^2} = \frac{d^2}{dt^2} \sum_{k=1}^{N} m_k \bar r_k = \frac{d^2}{dt^2}(M\bar r_c) = M\frac{d^2 \bar r_c}{dt^2} = M\bar a_c \qquad (22.2)$$

$\sum_{k=1}^{N} \bar F_k^e = \bar R^e$ - tashqi kuchlar bosh vektori

$\sum_{k=1}^{N} \bar F_k^i = \bar R^i = 0$ - ichki kuchlar xossasiga asosan tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M\,\bar a_c = \bar R^e \qquad (22.3)$$

(22.3) tenglama mexanik sistema massalar markazining harakati haqidagi teoremaning vektor ifodasi.

Teorema:

Sistemaning massalar markazi, massasi butun sistema massaga teng va sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning bosh vektori ta'siridagi moddiy nuqta kabi harakatlanadi.

Agar tashqi kuchlarning bosh vektori nolga teng bo'lsa, ya'ni $\bar R^e = 0$, (22.3) ga ko'ra:

$$M\frac{d\vec{v}_C}{dt}=0 \tag{22.4}$$

Bundan $\bar{v}_C=const$ bo‘ladi.

Bu tenglik sistema *massalar markazi harakatining saqlanish qonunini* ifodalaydi. Ya’ni: *Tashqi kuchlarning bosh vektori nolga teng bo‘lsa, sistemaning massalar markazi tinch holatda yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatda bo‘ladi.*

Agar mexanik sistemaning massalar markazi boshlang‘ich paytda qo‘zg‘almas bo‘lib, $\bar{v}_C=0$ bo‘lsa, sistemaning massalar markazi keyinchalik ham qo‘zg‘almasdan qoladi, ya’ni $\bar{r}_C=const$ bo‘ladi. (22.3) tenglamani qo‘zg‘almas Dekart koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak, quyidagi tenglamalar hosil bo‘ladi:

$$M\,\ddot{x}_C=R_x^e,\quad M\ddot{y}_C=R_y^e,\quad M\,\ddot{z}_C=R_z^e. \tag{22.5}$$

(22.5) tenglamalar *sistemasi massalar markazining qo‘zg‘almas Dekart koordinata o‘qlariga nisbatan harakat differensial tenglamalarini* ifodalaydi.

Agar tashqi kuchlarning bosh vektori nolga teng bo‘lmay, uning biror Ox o‘qidagi proyeksiyasi nolga teng bo‘lsa, u holda: $R_x^e=0$

(22.5) tenglamadan, $M\dfrac{d\dot{x}_C}{dt}=0$ kelib chiqadi.

Demak: $\dot{x}_C=v_{cx}=const$ bo‘ladi.

Binobarin, *sistemaga ta‘sir etuvchi kuchlar bosh vektorining biror qo‘zg‘almas o‘qdagi proyeksiyasi nolga teng bo‘lsa, sistema massalar markazi tezligining mazkur o‘qdagi proyeksiyasi o‘zgarmas bo‘ladi.*

Agar boshlang‘ich $t=0$ paytda sistema massalar markazi tezligining Ox o‘qdagi proyeksiyasi $(v_{Cx})_0=0$ bo‘lsa, keyinchalik ham $v_{Cx}=0$, binobarin, $x_C=const$ bo‘ladi, ya’ni sistemaning massalar markazi bu holda Ox o‘q bo‘yicha o‘zgarmaydi. Bu natija *sistema massalar markazi koordinatalarining saqlanish qonunini* ifodalaydi.

23. Ilgarilanma harakatdagi qattiq jismning differensial tenglamalari

(22.3) tenglamaga asosan:

$$M\bar{a}_c=\sum\bar{F}_\kappa^e \tag{23.1}$$

Ilgarilanma harakatdagi qattiq jism hamma nuqtalarining tezlik, tezlanishlari miqdor va yo‘nalish jihatdan teng bo‘lib, $\bar{a}_c=\bar{a}$ ekanligini hisobga olsak, (26.1) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi.

Ya‘ni:

$$M\bar{a}=\sum\bar{F}_\kappa^e \tag{23.2}$$

(23.2) tenglama ilgarilanma harakatdagi qattiq jismning differensial tenglamasining vektor ko‘rinishi. Koordinata o‘qlariga proyeksiyalab differensial tenglamaning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini hosil qilamiz:

$$M\,\ddot{x}=\sum F_{kx}^e,\quad M\,\ddot{y}=\sum F_{ky}^e,\quad M\,\ddot{z}=\sum F_{kz}^e. \tag{23.3}$$

(23.2) va (23.3) differensial tenglamalar yordamida bitta moddiy nuqtaning harakatini tekshirishda foydalanish mumkin.

Takrorlash uchun savollar

1.Harakat differensial tenglamasining vektorli ifodasi qanday ko‘rinishda yoziladi?
2. Kuch impulsini tushuntiring.
3. Teng ta‘sir etuvchi kuchning impulsi qanday aniqlanadi?
4. Moddiy nuqta va mexanik sistema harakat miqdorini tushuntiring.
5. Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensialli ifodasi qanday?

6. Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning chekli vaqt oralig’ida o‘zgarishi qanday ifodalanadi?

7. Moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni qanday ta’riflanadi?
8. Mexanik sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensialli ifodasi qanday?
9. Mexanik sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning chekli vaqt oralig’ida o‘zgarishi qanday ifodalanadi?
10. Mexanik sistema harakat miqdorining saqlanish qonuni nimani ifodalaydi?
11. Mexanik sistema massalar markazining harakati haqidagi teoremani ta’riflang;
12. Teoremaning afzalligi nimadan iborat?
13. Mexanik sistema massalar markazining saqlanish qonuni qanday?
14. Mexanik sistema massalar markazining harakat differensial tenglamalari qanday ifodalaydi?
15. Ilgarilanma harakatdagi qattiq jismning differensial tenglamalari qanday ko‘rinishda yoziladi?

21 – MAVZU. Nuqta harakat miqdori momentining o‘zgarishi haqida teorema. Sistema kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teorema

Reja:

1. Moddiy nuqta harakat miqdorining momenti va sistemaning kinetik momenti;
2. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o‘qiga nisbatan kinetik momenti;
3. Nuqta harakat miqdori momentining o‘zgarishi haqida teorema
4. Sistema kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teorema;
5. Sistema kinetik momentining saqlanish qonuni.

Tayanch so‘zlar va iboralar

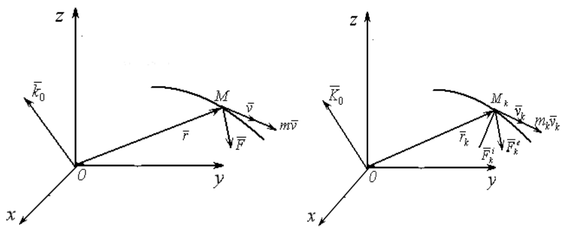
Harakat miqdor momenti, kinetik moment, inersiya momenti, burchak tezlik, harakat miqdori momentining o‘zgarishi, sistema kinetik momentining o‘zgarishi, bosh moment, tashqi kuchlar, kinetik momentining saqlanish qonunini

24. Moddiy nuqta harakat miqdorining momenti va sistemaning kinetik momenti

Massasi m, harakat tezligi $\bar{v}$ ga teng M nuqtaning biror O markazga nisbatan radius-vektori $\bar{r}$ ga teng bo‘lsin. O markazga nisbatan nuqta harakat miqdorining momenti deb,

$$\bar{k}_o = \bar{M}_o\left(m\bar{v}\right) = \bar{r} \times m\bar{v} \qquad (24.1)$$

ga teng vektor kattalikka aytiladi (25-shakl a)) .



a) *b)*

25-shakl

M nuqta harakat miqdorining momenti $\bar{k}_0$ moment markazi O nuqtaga qo‘yiladi. Koordinatalar boshini O markazda olib, qo‘zg‘almas x, y, z o‘qlarini o‘tkazsak, (24.1) ni quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$\bar{k}_o = \overline{M}_o(m\bar{v}) = m\begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ x & y & z \\ \dot{x} & \dot{y} & \dot{z} \end{vmatrix} \tag{24.2}$$

Bu tenglikni koordinata o‘qlariga proyeksiyalab, o‘qlarga nisbatan harakat miqdorining momentlarini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} k_x &= M_x(m\bar{v}) = m(y\dot{z} - z\dot{y}), \\ k_y &= M_y(m\bar{v}) = m(z\dot{x} - x\dot{z}), \\ k_z &= M_z(m\bar{v}) = m(x\dot{y} - y\dot{x}). \end{aligned} \tag{24.3}$$

SI birliklar sistemasida harakat miqdorining momenti *kg·m²/s* yoki N·m·s bilan o‘lchanadi. Mexanik sistema barcha nuqtalaridan O markazga nisbatan harakat miqdori momentlarining geometrik yig‘indisiga teng vektor sistemaning O markazga nisbatan kinetik momenti yoki sistema harakat miqdorining bosh momenti deyiladi
(25-shakl *b)*).

$$\overline{K}_o = \sum \overline{M}_O(m_N\bar{v}_N) = \sum \bar{r}_N \times m_N\bar{v}_N \tag{24.4}$$

Sistemaning kinetik momenti $\overline{K}_0$ moment markazi O nuqtaga qo‘yiladi.

Agar mexanik sistema nuqtalari biror hajm (sirt yoki chiziq) bo‘yicha uzluksiz taqsimlangan bo‘lsa, u holda (24.4) da yig‘indi o‘rniga massaning qanday taqsimlanishiga mos integral olinadi. (24.4) tenglamani koordinata o‘qlariga proyeksiyalab, mos o‘qlarga nisbatan sistemaning kinetik momentini aniqlaymiz:

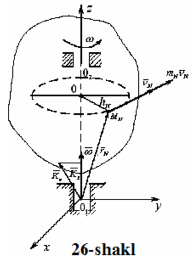
$$\left.\begin{aligned} K_x &= \sum M_x(m_N\bar{v}_N) = \sum m_N(y_N\dot{z}_N - z_N\dot{y}_N), \\ K_y &= \sum M_y(m_N\bar{v}_N) = \sum m_N(z_N\dot{x}_N - x_N\dot{z}_N), \\ K_z &= \sum M_z(m_N\ \bar{v}_N) = \sum m_N(x_N\dot{y}_N - y_N\dot{x}_N). \end{aligned}\right\} \tag{24.5}$$

Sistemaning harakat miqdori uning massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilama harakatini, kinetik momenti esa uning aylanma harakatini xarakterlaydi.

25. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o‘qiga nisbatan kinetik momenti

Oz o‘qi atrofida $\bar{\omega}$ burchak tezlik bilan aylanuvchi jismning Oz o‘qiga nisbatan kinetik momenti K_z ni (24.5) formulaga asosan yozamiz (26- shakl).

$$K_z = \sum M_z(m_N\ \bar{v}_N) \tag{25.1}$$



26-shakl

Jism Oz o‘qi atrofida aylanganda M_N nuqta tezligi $v_N = h_N\omega$ ga teng bo‘lib, harakat miqdori vektori $m_N\bar{v}_N$ yo‘nalishi h_N ga perpendikulyar bo‘lib, Oz o‘qiga perpendikulyar tekislikda yotadi. Harakat miqdor momenti M_N nuqta uchun quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$M_z(m_N\bar{v}_N) = h_N m_N v_N = m_N h_N^2\omega. \tag{25.2}$$

(25.2) tenglamani jismning hamma nuqtalari uchun qo‘llasak :

$$K_z = \sum M_z(m_N\bar{v}_N) = \sum h_N m_N v_N = \sum m_N h_N^2\ \omega = \omega\sum m_N h_N^2 = \omega I_z \tag{25.3}$$

Demak: $$K_z = I_z\omega \tag{25.4}$$

Xulosa qilib aytganda, *qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o'qiga nisbatan kinetik momenti jismning mazkur o'qqa nisbatan inersiya momenti bilan burchak tezligining ko'paytmasiga teng.*

Agar sistema qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi bir necha jismdan tashkil topgan bo'lsa, uning kinetik momenti quyidagi formula yordamida hisoblanadi. Ya'ni:

$$K_z = I_{12}\omega_1 + I_{22}\omega_2 + ... + I_{n2}\omega_n \tag{25.5}$$

Bu yerda $\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_n$ lar har bir jismning burchak tezligini;

$I_{12}, I_{22}, \ldots, I_{n2}$ lar esa jismlarning *Oz* o'qqa nisbatan inersiya momentlarini ifodalaydi.

26. Nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqida teorema

M nuqtaning massasi, *m* ga teng bo'lib, $\overline{F}$ kuch ta'sirida $\overline{v}$ tezlik bilan harakatlansin. Nuqta uchun dinamikaning asosiy qonunini yozamiz:

$$m\frac{d\overline{v}}{dt} = \overline{F} \tag{26.1}$$

Tenglamaning har ikkala tomonini nuqtaning radius-vektori $\overline{r}$ ga vektorli ko'paytirsak:

$$\overline{r}\times m\frac{d\overline{v}}{dt} = \overline{r}\times\overline{F} \tag{26.2}$$

Chap tomonidagi ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$\overline{r}\times m\frac{d\overline{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\overline{r}\times m\overline{v}\right) = \frac{d\overline{r}}{dt}\times m\overline{v} + \overline{r}\times m\frac{d\overline{v}}{dt} \tag{26.3}$$

Bu yerda $\frac{d\overline{r}}{dt} = \overline{v}$ ekanligini e'tiborga olsak, $\frac{d\overline{r}}{dt}\times m\overline{v}$ ifoda nolga teng. Ya'ni $\overline{v}\times m\overline{v} = 0$, chunki ular o'zaro $\overline{v} II\ m\overline{v}$ parallel.

$\overline{r}\times m\frac{d\overline{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\overline{r}\times m\overline{v}\right)$ tenglikni (29.2)ga olib borib qo'ysak:

$$\frac{d}{dt}\left(\overline{r}\times m\overline{v}\right) = \overline{r}\times F \tag{26.4}$$

(24.1) ga ko'ra $\overline{k}_0 = \overline{r}\times m\overline{v}$ vektori nuqtaning *O* markaziga nisbatan harakat miqdori momentini ifodalaydi. Statika bo'limidan bizga ma'lum $\overline{M}_0(\overline{F}) = \overline{r}\times\overline{F}$ ifoda *M* nuqtaga qo'yilgan $\overline{F}$ kuchning *O* markazga nisbatan momentini ifodalaydi. Demak:

$$\frac{d}{dt}\left(\overline{r}\times m\overline{v}\right) = \overline{M}_0\left(\overline{F}\right) \tag{26.5}$$

yoki

$$\frac{d\overline{k}_0}{dt} = \overline{M}_0\left(\overline{F}\right) \tag{26.6}$$

tenglama o'rinli bo'ladi.

(26.5) yoki (26.6) tenglamalar nuqta *harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teoremani* ifodalaydi: *moddiy nuqta harakat miqdorining biror qo'zg'almas markazga nisbatan momentidan vaqt bo'yicha olingan hosila nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning shu markazga nisbatan momentiga teng.*

(26.6) tenglamani Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalab, nuqta harakat miqdorining koordinata o'qlariga nisbatan momentlari o'zgarishi haqidagi teoremani hosil qilamiz:

$$\frac{dk_x}{dt} = M_x\left(\overline{F}\right); \quad \frac{dk_y}{dt} = M_y\left(\overline{F}\right); \frac{dk_z}{dt} = M_z\left(\overline{F}\right). \tag{26.7}$$

Ya'ni moddiy nuqta harakat miqdorining biror qo'zg'almas o'qqa nisbatan momentidan vaqt bo'yicha olingan hosila nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning shu o'qqa nisbatan momentiga teng.

27. Sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema

L ta nuqtadan iborat mexanik sistema nuqtalariga qo'yilgan barcha bog'lanishlarni bog'lanish reaksiya kuchlari bilan almashtirib, sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi barcha kuchlarni (jumladan, bog'lanish reaksiya kuchlarini) $\overline{F}_N^e$ tashqi va $\overline{F}_N^i$ ichki kuchlarga ajratamiz. Natijada sistema nuqtalarini erkin deb qarab, har bir nuqta uchun harakat miqdor momentining o'zgarishi haqida teoremani qo'llaymiz:

$$\frac{d}{dt}\overline{M}_O(m_N\overline{v}_N) = \overline{M}_O(\overline{F}_N^e) + \overline{M}_O(\overline{F}_N^i) \qquad (N = 1,2,\ldots,L) \tag{27.1}$$

Bu tenglamalarni qo'shsak,

$$\frac{d}{dt}\sum\overline{M}_O(m_N\overline{v}_N) = \sum\overline{M}_O(\overline{F}_N^e) + \sum\overline{M}_O(\overline{F}_N^i) \tag{27.2}$$

tenglik o'rinli bo'ladi. (30.2) tenglamaning chap tomonidagi ifoda

$$\overline{K}_O = \sum\overline{M}_O(m_N\overline{v}_N)$$

sistemaning kinetik momentini ifodalaydi. (27.2) tenglamaning o'ng tomonidagi ifodani

$$\overline{M}_O^e = \sum\overline{M}_O(\overline{F}_N^e)$$

tashqi kuchlarning O nuqtaga nisbatan bosh momenti deyiladi.

Ichki kuchlarning xossasiga asosan ularning *O* nuqtaga nisbatan momentlarning geometrik yig'indisi nolga teng. Ya'ni:

$$\sum\overline{M}_O(\overline{F}_N^i) = 0$$

Shunday qilib, (27.2) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d\overline{K}_O}{dt} = \overline{M}_O^e \tag{27.3}$$

(27.3) tenglama *sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremani* ifodalaydi: sistemaning biror qo'zg'almas nuqtaga nisbatan kinetik momentidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning shu markazga nisbatan bosh momentiga teng.

(27.3) tenglamaning ikkala tomonini qo'zg'almas Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalab, quyidagi tenglamalarni hosil qilamiz:

$$\frac{dK_x}{dt} = M_x^e \qquad \frac{dK_y}{dt} = M_y^e \qquad \frac{dK_z}{dt} = M_z^e . \tag{27.4}$$

Bu yerda K_x, K_y, K_z lar mos ravishda *Ox, Oy, Oz* o'qlarga nisbatan sistemaning kinetik momentlari. M_x^e, M_y^e, M_z^e lar esa mazkur o'qlarga nisbatan tashqi kuchlarning bosh momentlarini ifodalaydi.

(27.4) tenglamalar qo'zg'almas koordinata o'qlariga nisbatan sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: *sistemaning biror qo'zg'almas o'qqa nisbatan kinetik momentidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning shu o'qqa nisbatan bosh momentiga teng.*

Qo'zg'almas *Oz* o'qi atrofida aylanma harakat differensial tenglamasini keltirib chiqarish uchun (27.4) tenglamaga (26.4) ifodani qo'ysak:

$$\frac{d(I_z\omega)}{dt} = M_z^e \tag{27.5}$$

$$I_z\frac{d\omega}{dt} = M_z^e \ ; \ I_z\varepsilon = M_z^e \tag{27.6}$$

(30.6) tenglama qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi jismning harakat differensial tenglamasini ifodalaydi.

Xulosa qilib aytganda, *sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremadan* *jismlarning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma, sferik, giroskoplarning harakatini o'rganishda samarali foyda*laniladi.

28. Sistema kinetik momentining saqlanish qonuni

Sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremadan quyidagi natijalarni olamiz.

1.Agar sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning biror markazga nisbatan bosh moment vektori nolga teng bo'lsa, sistemaning shu nuqtaga nisbatan kinetik moment vektori miqdor va yo'nalish jihatdan o'zgarmas bo'ladi.

Ya'ni agar $\overline{M}_0^e = 0$ bo'lsa, (28.3) tenglamadan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{d\overline{K}_O}{dt} = 0$$

Bundan: $\overline{K}_0 = const$ (28.1)

2. *Agar sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning biror o'qqa (masalan, Oz o'qqa) nisbatan bosh momenti nolga teng bo'lsa, sistemaning shu o'qqa nisbatan kinetik momenti harakat davomida o'zgarmasdan qoladi.*

Agar $\overline{M}_z^e = 0$ bo'lsa, (28.4) ga asosan $\frac{dK_Z}{dt} = 0$ bo'ladi, bundan:

$$\overline{K}_z = const \qquad (28.2)$$

kelib chiqadi.

(28.1) va (28.2) tenglamalar *sistema kinetik momentining saqlanish qonunini* ifodalaydi.

Takrorlash uchun savollar

1. Moddiy nuqta harakat miqdorining momenti va sistemaning kinetic momenti qanday aniqlanadi?
2. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o'qiga nisbatan kinetik momenti qanday formula bilan hisoblanadi?
3. Nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teoremani ta'riflang.
4. Sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremani ta'riflang.
5. Nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teoremaning koordinata o'qlaridagi ifodasi qanday ifodalanadi?
6. Sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremaning koordinata o'qlaridagi ifodasi qanday ifodalanadi?
7. Sistema kinetik momentining saqlanish qonunini ta'riflang.
8. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi jismning harakat differensial tenglamasi qanday?

22 – MAVZU. 23 – MAVZU. ISH VA QUVVAT. MODDIY NUQTA VA MEXANIK SISTEMA KINETIK ENERGIYASINING O'ZGARISHI HAQIDAGI TEOREMA

Reja:

1. Kuchning elementar ishi;
2. Chekli oraliqda kuchning bajargan ishi;
3. Teng ta'sir etuvchi kuchning bajargan ishi;
4. Quvvat; Nuqta va sistema kinetik energiyasi;
5. Sistema kinetik energiyasini hisoblash (Kyonig teoremasi);
6. Qattiq jism kinetik energiyasi ;
7. Nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema;
8. Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema.

Tayanch so'zlar va iboralar

Elementar ish, chekli oraliqdagi ish, quvvat, skalyar miqdor, elementar ko'chish, skalyar ko'paytma, teng ta'sir etuvchi, Vatt, Kinetik energiyasi, Kyonig teoremasi, qattiq jism, inersiya momenti, elementar ish.

29. Kuchning ishi va quvvati

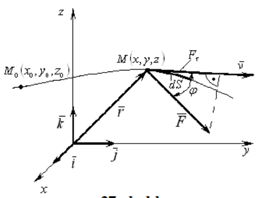
Kuchning biror ko'chishda ta'sirini ifodalovchi asosiy xarakteristikasi, uning shu ko'chishda bajargan ishidir. Kuchning elementar ishini, chekli oraliqdagi ishini va quvvatni ko'rib chiqamiz.

1.Kuchning elementar ishi

$\overline{F}$ kuchning cheksiz kichik elementar ds ko'chishda bajargan dA elementar ishi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$dA = \overline{F}_\tau \, dS \qquad (29.1)$$

Bu yerda: F_τ nuqta tezligining yo'na- lishiga yoki tezlik bo'yicha yo'nalgan elementar



27-shakl

ko'chishga $\overline{F}$ kuchning proyeksiyasidir. Elementar ish skalyar miqdor bo'lib, uning ishorasi F_τ proyeksiyasining qiymati orqali belgilanadi. Agar $F_\tau > 0$ bo'lsa, elementar ish $dA > 0$ va aksincha $F_\tau < 0$ bo'lsa, elementar ish $dA < 0$ bo'ladi. 27-shakldan $F_\tau = F \cdot \cos\varphi$ bo'lib, $< \varphi -$ kuch bilan tezlik orasidagi burchak. Bu ifodani (29.1) ga olib borib qo'ysak,

$$dA = F \cos\varphi \; dS \qquad (29.2)$$

kelib chiqadi. (29.2) tenglamada F va ds qiymatlari musbat bo'lganligi uchun, elementar ish dA qiymati $\cos\varphi$ ning qiymatiga bog'liqdir. Agar φ burchak o'tkir bo'lsa, $dA > 0$ va aksincha φ burchak o'tmas bo'lsa, $dA < 0$ bo'ladi.

Demak, *kuchning elementar ishi- kuchning elementar ko'chishga proeksiyasining elementar ko'chishga ko'payitmasiga teng.*

φ burchakning ayrim qiymatlari uchun (29.2) tenglamadan foydalanib elementar ishni hisoblaymiz:

$$\varphi = 0, \quad dA = F\,ds;$$
$$\varphi = 90^0, \quad dA = 0;$$
$$\varphi = 180^0, \quad dA = -F\,ds. \qquad (29.3)$$

(29.3) ifodadan ko'rinib turibdiki, kuch elementar ko'chishga perpendikulyar bo'lsa, elementar ish nolga teng bo'ladi. Kuchning normal tashkil etuvchisi $\overline{F}_n$ ning bajargan elementar ishi doim nolga tengdir. Elementar ishni hisoblashning boshqa formulalarini keltiramiz. Nuqta kinematikasidan bizga ma'lumki:

$$\overline{v} = \frac{d\overline{r}}{dt}; \quad v = |\overline{v}| = \frac{ds}{dt}. \qquad (29.4)$$

Bundan:

$$ds = |d\overline{r}| = v\,dt \qquad (29.5)$$

(29.5) ifodani (29.2) ga olib borib qo'ysak,

$$dA = F\left|d\bar{r}\right|\cos\varphi = \bar{F}\cdot d\bar{r} \qquad (29.6)$$

(32.6) tenglamadan *kuchning elementar ishi - kuchning, kuch qo‘yilgan nuqta radius-vektori differensialiga skalyar ko‘paytmasiga tengligi,* (29.4) tenglamadan $d\bar{r} = \bar{v}\cdot dt$ ni (29.6) ga qo‘ysak,

$$dA = \bar{F}\cdot d\bar{r} = \bar{F}\bar{v}\cdot dt = \bar{F}\,dt\cdot\bar{v} \qquad (29.7)$$

(29.7) tenglamadan *kuchning elementar ish i- elementar kuch impulsining nuqtaning tezligiga skalyar ko‘paytmasiga tengligi,* agar $\bar{F}$ kuchni va $\bar{r}$ -radius-vektorni koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari orqali ifodalasak, (29.8) tenglama kelib chiqadi.
Ya*‘*ni:

$$\bar{F} = F_x\,\bar{i} + F_y\,\bar{j} + \bar{F}_z\,\bar{k},$$
$$\bar{r} = x\,\bar{i} + y\,\bar{j} + z\,\bar{k}. \qquad (29.8)$$

(29.8) dan : $d\,\bar{r} = dx\bar{i} + dy\,\bar{j} + dz\,\bar{k}$ (29.9)

(29.8) va (29.9) ni (29.6) ga qo‘ysak:

$$dA = F_x\,dx + F_y dy + F_z\,dz \qquad (29.10)$$

kelib chiqadi. (29.10) tenglama elementar ishning analitik ifodasidir.

2. Chekli oraliqda kuchning bajargan ishi

Nuqtaning M_0 holatidan M holatiga o‘tishida F kuchning bajargan ishini hisoblash uchun M_0M oraliqni n ta elementar ko‘chishlarga bo‘lamiz. U holda ishni quyidagi formula bilan ifodalaymiz:

$$A = \lim_{n\to\infty}\sum_{k=1}^{n} dA_k; \qquad (29.11)$$

Bu yerda dA_k - har bir elementar ko‘chishda kuchning bajargan ishi. M_0M oraliqda kuchning bajargan ishini hisoblash uchun (29.2), (29.7), (29.10) tenglamalarni integrallaymiz. Ya’ni:

$$A = \int_{M_0}^{M} \bar{F}_\tau\,dS \qquad A = \int_{M_0}^{M} \bar{F}\cdot\bar{v}\,dt \qquad A = \int_{M_0}^{M} F_x\,dx + F_y dy + F_z\,dz \qquad (29.12)$$

(29.12) tenglamalar yordamida kuchning chekli oraliqda bajargan to‘liq ishi hisoblanadi.

3. Quvvat

Kuchning quvvati uning vaqt birligi ichida bajaradigan ishi bilan baholanadi. Ta'rifga ko‘ra quvvatni hisoblash formulasi quyidagicha aniqlanadi:

$$W = \frac{dA}{dt} \qquad (29.13)$$

(29.7) formuladan foydalanib quvvatni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$W = \bar{F}\cdot\bar{v} = Fv\cos\varphi \qquad (29.14)$$

Demak, quvvat kuch va tezlikning skalyar ko‘payitmasidan iborat ekan.
(29.14) formuladan ko‘rinib turibdiki, quvvat o‘zgarmasligi uchun tezlik qancha katta bo‘lsa, kuch shuncha kichik bo‘ladi. Masalan, lokomotivning tortish kuchini oshirish uchun poyezdning tezligini kamaytirish lozim.
SI birliklar sistemasida quvvat birligi qilib Vatt qabul qilingan.
1Vatt= 1Joul/s ga teng.

30. Kinetik energiya

1. Nuqta va sistema kinetik energiyasi

Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi deb massaning yarmini tezlik kvadratiga ko‘paytmasiga aytiladi, ya’ni $\frac{mv^2}{2}$ yoki $\frac{m\bar{v}^2}{2}$.

Chunki istalgan vektorning skalyar kvadrati vektor modulining kvadratiga tengdir. Kinetik energiya skalyar, musbat miqdordir.

SI sistemasida o‘lchami $\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$ dan iborat. Mexanik sistema kinetik energiyasi sistemani tashkil etuvchi har bir nuqtalar kinetik energiyalarining yig‘indisiga tengdir.

Ya’ni:

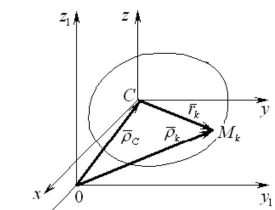
$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \sum \frac{m_k \bar{v}_k^2}{2} \tag{30.1}$$

Mexanik sistemaning yoki nuqtaning kinetik energiyasi nuqtalar tezliklarining yo‘nalishiga bog‘liq emas. Faqatgina sistema nuqtalari tinch holatda bo‘lsa, kinetik energiya nolga teng bo‘lishi mumkin.

2. Sistema kinetik energiyasini hisoblash (Kyonig teoremasi)

Mexanik sistema harakatini massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakatini ko‘chirma harakatga va koordinatalar sistemasiga nisbatan massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakatini nisbiy harakatga ajratamiz. Sistemaning M_k nuqtasi quyidagi tenglik o‘rinli:

$$\bar{\rho}_k = \bar{\rho}_c + \bar{r}_k \tag{30.2}$$



28-shakl

(30.2) dan hosila olsak:

$$\bar{v}_k = \bar{v}_c + \bar{v}_{kr} \tag{30.3}$$

Bu yerda:

$$\bar{v}_{kr} = \frac{d\,\bar{r}_k}{d\,t} \tag{30.4}$$

(30.4) tenglama yordamida nisbiy harakat tezligi aniqlanadi. Qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasi ilgarilanma harakatda bo‘lgani uchun $\bar{\omega} = 0$. $\bar{v}_k$ qiymatini (30.1) ga qo‘ysak, sistema kinetik energiyasi kelib chiqadi. Ya’ni:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{\bar{v}_C^2}{2} \sum m_k + \sum \frac{m_k \bar{v}_{kr}^2}{2} + \bar{v}_C \sum m_k \bar{v}_{kr} \tag{30.5}$$

Bu yerda:

$$\bar{v}_C \sum m_k \bar{v}_{kr} = \bar{v}_C \sum m_k \frac{d\,\bar{r}_k}{dt} = \bar{v}_C \frac{d}{dt}\left(\sum m_k \bar{r}_k\right) = 0$$

Chunki:

$$\sum m_k \bar{r}_k = const = 0$$

(30.5)tenglamada $\sum m_k = M$ sistemaning massasi bo‘lib, $T_C^{(r)} = \sum \frac{m_k \bar{v}_{kr}^2}{2}$ ifoda esa koordinatalar sistemasiga nisbatan massalar markazi bilan birgalikda ilgarilanma harakat qiluvchi sistemaning nisbiy harakat kinetik energiyasi.

Demak (30.5) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz::

$$T = \frac{M v_C^2}{2} + T_C^{(r)} \tag{30.6}$$

(30.6) tenglama *Kyonig teoremasi*ni ifodalaydi:

Mutlaq harakatda sistema kinetik energiyasi butun sistema massasi joylashgan sistema massalar markazining kinetik energiyasi bilan massalar markaziga nisbatan sistema kinetik energiyasining yig‘indisiga tengdir.

3. Qattiq jism kinetik energiyasi

a) Ilgarilanma harakatda qattiq jismning hamma nuqtalarining tezliklari teng bo‘lgani uchun $\overline{v}_k = \overline{v}$ bo‘lib, kinetik energiyasi quyidagicha yoziladi:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{v^2}{2} \sum m_k = M \frac{v^2}{2} \tag{30.7}$$

(30.7) formuladan ko‘rinib turibdiki, *ilgarilanma harakatda sistema kinetik energiyasi massasi bir nuqtaga joylashgan nuqta kinetik energiyasi kabi aniqlanadi.*

b) Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyani hisoblash uchun biror M_k nuqtasini olib (28-shakl), uning tezligini quyidagicha ifodalaymiz.

Ya’ni:

$$v_k = \omega \cdot h_k \tag{30.8}$$

bu yerda $h_k -$ nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan eng qisqa masofa;

$\omega -$ jismning burchak tezligi. Qiymatlardan foydalanib quyidagi natijani hosil qilamiz:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum m_k h_k^2 = \frac{\omega^2}{2} I_z$$

Demak:

$$T = I_z \frac{\omega^2}{2} \tag{30.9}$$

(30.9) tenglamada I_z - qattiq jismning Oz aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti bo‘lib, *qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momentining burchak tezlik kvadratiga ko‘payitmasining yarmiga tengdir.*

d) Tekis-parallel harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasini hisoblash uchun Kyonig teoremasidan foydalanamiz. Biz ko‘rayotgan holda qattiq jismning koordinata sistemasiga nisbatan massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakati massalar markazi atrofida ω burchak tezligi bilan aylanishni ifodalagini uchun:

$$T_C^{(r)} = I_{Cz} \frac{\omega^2}{2} \tag{30.10}$$

ga teng. (30.10) tenglamada $I_{Cz} -$massalar markazidan o‘tuvchi Cz o‘qiga nisbatan inersiya momentiga teng bo‘lib, jismning harakat tekisligiga perpendikulyar yo‘naladi.

(30.6) formulaga asosan:

$$T = \frac{M v_C^2}{2} + \frac{I_{Cz} \omega^2}{2} \tag{30.11}$$

(30.11) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, *tekis-parallel harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi, massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakat kinetik energiyasi va harakat tekisligiga perpendikulyar, massalar markazidan o‘tuvchi, o‘q atrofidagi aylanma harakat kinetik energiyalarining yig‘indisidan iborat.*

31. Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teorema

Massasi m bo‘lgan moddiy nuqta $\overline{F}$ kuch ta‘sirida harakatlansin. Dinamikaning asosiy qonuni quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$m \frac{d\overline{v}}{dt} = \overline{F} \tag{31.1}$$

(31.11) tenglamaning ikkala tomonini nuqtaning radius-vektor differensiali $d\overline{r}$ ga skalyar ko‘paytiramiz:

$$m\,d\bar{v}\,\frac{d\,\bar{r}}{dt} = \bar{F}\,d\bar{r} \tag{31.2}$$

$\bar{v} = \dfrac{d\bar{r}}{dt}$ ekanligini e'tiborga olsak, (31.2) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$m\bar{v}\,dv = \bar{F}\,d\,\bar{r} \tag{31.3}$$

Bu yerda $\bar{F}\,d\bar{r} = d\,A$ kuchning elementar ishidir.

$m\,\bar{v}d\bar{v} = d\left(\dfrac{m\,\bar{v}^2}{2}\right) = d\left(\dfrac{m\,v^2}{2}\right)$ ekanligini e'tiborga olib, (31.3) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$d\left(\frac{m\,v^2}{2}\right) = dA \tag{31.4}$$

(31.4) tenglama nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensialli ifodasidir. Demak, *nuqta kinetik energiyasining differensiali, nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar bajargan elementar ishiga teng,* (31.4) tenglamani M_0M chekli oraliqda integrallaymiz (28-shakl).

Ya'ni:

$$\frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^{\ 2}}{2} = A \tag{31.5}$$

(31.5) tenglama nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning chekli oraliqda o'zgarishini ifodalaydi.

Demak, *nuqta kinetik energiyasining chekli oraliqda o'zgarishi, nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning shu oraliqda bajargan ishlariga teng.*

32. Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema

Sistemaning har bir nuqtasiga ichki va tashqi kuchlar ta'sir etsin. (31.4) tenglamani sistemaning bitta nuqtasi uchun yozamiz:

$$d\left(\frac{m_k v_k^{\ 2}}{2}\right) = \bar{F}_k^{\,i}\,d\bar{r}_k + \bar{F}_k^{\,e}\,d\bar{r}_k, \qquad k = 1,2,3,\cdots,N. \tag{32.1}$$

Sistemaning hamma nuqtalari uchun tenglamani tuzib, chap va o'ng tomonlarini hadma-had qo'shamiz:

$$d\sum\left(\frac{m_k v_k^{\ 2}}{2}\right) = \sum \bar{F}_k^{\,i}\,d\bar{r}_k + \sum \bar{F}_k^{\,e}\,d\bar{r}_k,$$

yoki

$$d\,T = \sum d\,A_k^i + \sum d\,A_k^e \tag{32.2}$$

Bu yerda : $T = \sum \dfrac{m_k v_k^2}{2}$ - sistema kinetik energiyasi,

$dA_k^i = \sum \bar{F}_k^{\,i}\,d\,\bar{r}_k$; $dA_k^e = \sum \bar{F}_k^{\,e}\,d\,\bar{r}_k$ - ichki va tashqi kuchlarning elementar ishlari.

(32.2) tenglama sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensialli ifodasi: *sistema kinetik energiyasining differensiali ichki va tashqi kuchlar elementar ishlarining yig'indisiga teng.*

Agar (32.2) tenglamani biror chekli oraliqda integrallasak, (32.3) tenglama kelib chiqadi:

$$T - T_0 = \sum \int_{M_{k_o}}^{M_k} dA_k^i + \sum \int_{M_{k_o}}^{M_k} dA_k^e$$

yoki

$$T - T_0 = \sum A_k^i + \sum A_k^e \qquad (32.3)$$

Bu yerda: $A_k^i = \int\limits_{M_{k0}}^{M_k} dA_k^i$ - sistema nuqtasining M_{k_0} boshlang'ich

holatidan M_k oxirgi holatiga ko'chishda ichki kuchlarning bajargan ishi, $A_k^e = \int\limits_{M_{k0}}^{M_k} d\, A_k^e$ - tashqi

kuchlarning bajargan ishi.

(32.3) tenglama sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: *bir holatdan ikkinchi holatga o'tishda sistema kinetik energiyasining o'zgarishi, har bir holat uchun sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi ichki va tashqi kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng.*

Xususiy hol

Mutlaq qattiq jism uchun ichki kuchlarning bajargan ishi nolga teng:

$$\sum A_k^i = 0$$

Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$T - T_0 = \sum A_k^e \qquad (32.4)$$

(32.4) tenglama mutlaq qattiq jism uchun kinetik energiyaning o'zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: bir holatdan ikkinchi holatga o'tishda mutlaq qattiq jism kinetik energiyasining o'zgarishi, har bir holat uchun mutlaq qattiq jismga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng. Demak, mutlaq qattiq jism uchun ichki kuchlar hisobga olinmaydi.

Takrorlash uchun savollar

1. Nuqta kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
2. Sistema kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
3. Ilgarilanma harakat kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
4. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
5. Tekis-parallel harakat kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
6. Kyonig teoremasini ta'riflang.
7. Nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial ko'rinishdagi ifodasi qanday?
8. Nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning chekli oraliqdagi ifodasi qanday?
9. Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial ko'rinishdagi ifodasi qanday?
10. Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning chekli oraliqdagi ifodasi qanday?

24 – MAVZU. MODDIY NUQTA VA MEXANIK SISTEMA UCHUN DALAMBER PRINSIPI. Bog'lanishlar klassifikatsiyasi

Reja:

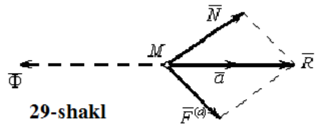
1. Inersiya kuchi ;
2. Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipi;
3. Normal va urinma inersiya kuchlari ;
4. Tashqi kuchlarning bosh vektori;

Tayanch so'zlar va iboralar

Aktiv kuch, reaksiya kuchlari, inersiya kuchi, urinma va normal tashkil etuvchi, chiziqli trayektoriya, kinetostatika, , erkin bo'lmagan mexanik sistema, Dalamber prinsipi. Erkin sistema, bog'lanishdagi sistema, statsionar, statsionar bo'lmagan, bo'shatmaydigan, bo'shatadigan, golonomli, begolonom.

33. Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipi

Erkin bo‘lmagan, massasi *m* bo‘lgan moddiy nuqtaga $\overline{F}^{(a)}$ aktiv kuchlar ta’sir etsin (29-shakl).



29-shakl

Moddiy nuqtani fikran bog‘lanishdan ozod qilib, $\overline{N}$ reaksiya kuchi bilan almashtiramiz. U holda dinamikaning asosiy qonunini quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$m\overline{a} = \overline{F}^{(a)} + \overline{N} \tag{33.1}$$

(33.1) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$\overline{F}^{(a)} + \overline{N} + \left(-m\overline{a}\right) = 0 \tag{33.2}$$

Belgilash kiritamiz:

$$-m\overline{a} = \overline{\Phi} \tag{33.3}$$

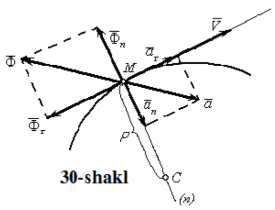
(33.3) ifodani (33.2) ga olib borib qo‘ysak, (33.4) tenglama kelib chiqadi.Ya‘ni:

$$\overline{F}^{(a)} + \overline{N} + \overline{\Phi} = 0 \tag{33.4}$$

Miqdor jihatdan massa bilan tezlanishning ko‘payitmasiga teng bo‘lib, yo‘nalish jihatdan tezlanishga qarama-qarshi yo‘nalgan $\overline{\Phi}$ kuchi *inersiya kuchi deyiladi.* (33.4) tenglama erkin bo‘lmagan moddiy nuqta uchun *Dalamber prinsipini* ifodalaydi.

Demak, *erkin bo‘lmagan moddiy nuqtaga harakati davomida ta‘sir etuvchi* $F^{(a)}$ *aktiv kuchlar va* $\overline{N}$ *reaksiya kuchlari shartli qo‘yilgan* $\overline{\Phi}$ *inersiya kuchi bilan muvozanatlashadi.*

Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipi yordamida dinamikaning birinchi asosiy masalalarini yechish qulaydir. Harakat qonunlari berilganda ta‘sir kuchlarini aniqlash masalasi osongina yechiladi. (33.4) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, dinamika masalalari statika masalalariga keltirib yechiladi. Dalamber prinsipidan foydalanib masalalar yechilganda nuqtaning tezlanishi yo‘nalishini bilish darkor. Agar nuqta to‘g‘ri chiziqli harakat qilsa, tezlanish yo‘nalishi aniqdir. Bunda inersiya kuchi vektori $\overline{\Phi} = -m\overline{a}$ bo‘lib, moduli $\Phi = m\overline{a}$ ga teng. Nuqta to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilsa, $\Phi = 0$ bo‘ladi. Agar nuqta egri chiziqli trayektoriya bo‘ylab harakatlansa, inersiya kuchi urinma va normal tashkil etuvchilardan iborat bo‘ladi.



30-shakl

Urinma inersiya kuchi:

$$\overline{\Phi}_\tau = -m\overline{a}_\tau \tag{33.5}$$

ga teng bo‘lib, urinma tezlanish $\overline{a}_\tau$ ga qarama-qarshi tomonga (30-shakl) yo‘naladi. Normal inersiya kuchi:

$$\overline{\Phi}_n = -m\overline{a}_n \tag{33.6}$$

ga teng bo‘lib, normal tezlanish $\overline{a}_n$ ga qarama-qarshi tomonga (30-shakl) yo‘naladi. (33.3) ifodani 30-shaklda ko‘rsatilganidek urinma inersiya kuchi va normal inersiya kuchlarini egri chiziqli trayektori -yaning bosh normal, urinma, binormal o‘qlariga proyeksiyalasak:

$$\Phi_\tau = -m a_\tau = -m\frac{dv}{dt} = -m\ddot{s}, \quad \Phi_n = -m a_n = -m\frac{v^2}{\rho} \tag{33.7}$$

Xuddi shunday (33.3) ifodani Dekart koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak:

$$\Phi_x = -m a_x = -m\ddot{x}, \Phi_y = -m a_y = -m\ddot{y}, \Phi_z = -m a_z = -m\ddot{z} \tag{33.8}$$

Aktiv $F^{(a)}$ va $\overline{N}$ reaksiya ta‘sirida harakatlanuvchi *M* nuqtaning inersiya kuchi nuqtaga qo‘yilgan bo‘lmay bog‘lanishlarga qo‘yiladi. Dinamika masalalarini Dalamber prinsipi yordamida yechish usulini nazariy mexanikaning mustaqil *kinetostatika* bo‘limi deb ham yuritish mumkin.

34. Mexanik sistema uchun Dalamber prinsipi

Massalari mos ravishda $m_1, m_2, ..., m_n$ bo‘lgan, n ta nuqtadan iborat mexanik sistemaning har bir nuqtasi uchun Dalamber prinsipini qo‘llaymiz. Sistemaning ixtiyoriy M_k nuqtasiga tashqi kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi $\overline{F}_k^{(e)}$ (aktiv va reaksiya kuchlari), ichki kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi $\overline{F}_k^{(i)}$ ta‘sir etsin. Shartli ravishda nuqtaga inersiya kuchi $\overline{\Phi}_k$ ni qo‘yamiz. $\overline{F}_k^{(e)}, \overline{F}_k^{(i)}$ va $\overline{\Phi}_k$ kuchlar o‘zaro muvozanatlashadi.

Ya‘ni:

$$\overline{F}_k^{(e)} + \overline{F}_k^{(i)} + \overline{\Phi}_k = 0 \tag{34.1}$$

(34.1) tenglamani sistemaning hamma nuqtalari uchun qo‘llasak:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^{(e)} + \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^{(i)} + \sum_{k=1}^{n} \overline{\Phi}_k = 0 \tag{34.2}$$

Demak, *erkin bo‘lmagan mexanik sistema nuqtalariga ta‘sir etuvchi tashqi va ichki kuchlar qatoriga inersiya kuchlarini qo‘shsak, ular o‘zaro muvozanatlashadi*.

(34.2) tenglama mexanik sistema uchun Dalamber prinsipini ifodalaydi. Ichki kuchlar xossasiga asosan yozamiz:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^{(i)} = 0 \tag{34.3}$$

(34.2) tenglamaga asosan :

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^{(e)} + \sum_{k=1}^{n} \overline{\Phi}_k = 0 \tag{34.4}$$

Bu yerda: $\overline{R}^{(e)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^{(e)}$ - tashqi kuchlarning bosh vektori,

$\overline{R}^{(u)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{\Phi}_k$ - inersiya kuchlarining bosh vektori.

(38.4) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\overline{R}^{(e)} + \overline{R}^{(u)} = 0 \tag{34.5}$$

Mexanik sistemada biror O nuqtani qutb deb olib, qutbga nisbatan nuqtaning holatini ifodalovchi radius-vektor $\bar{r}_k$ ga

(34.1) tenglamaning ikkala tomonini ko‘paytiramiz:

$$\bar{r}_k \times \overline{F}_k^{(e)} + \bar{r}_k \times \overline{F}_k^{(i)} + \bar{r}_k \times \overline{\Phi}_k = \overline{m}_0\left(\overline{F}_k^{(e)}\right) + \overline{m}_0\left(\overline{F}_k^{(i)}\right) + \overline{m}_0\left(\overline{\Phi}_k\right) = 0 \tag{34.6}$$

(34.6) ifodani mexanik sistemaning hamma nuqtalari uchun qo‘llasak, quyidagi natija kelib chiqadi:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k^{(e)}) + \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k^{(i)}) + \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{\Phi}_k) = 0 \tag{34.7}$$

Ichki kuchlar xossasiga asosan:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k^{(i)}) = 0 \tag{34.8}$$

(34.8) ifodaga asosan (44.7) tenglamani yozamiz:

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k^{(e)}) + \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{\Phi}_k) = 0 \tag{34.9}$$

Bu yerda:

$\overline{M}_o^{(e)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_o\left(\overline{F}_k^{(e)}\right)$- tashqi kuchlarning O qutbga nisbatan bosh momenti,

$\overline{M}_o^{(u)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_o(\overline{\Phi}_k)$-inersiya kuchlarining O qutbga nisbatan bosh momenti.

Demak:

$$\overline{M}_0^{(e)} + \overline{M}_0^{(u)} = 0 \tag{34.10}$$

(34.5) va (34.10) tenglamalar sistema harakat miqdorining va kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teoremalarga ekvivalent tenglamalardir. Ya’ni:

$$\frac{d\vec{Q}}{dt} = \vec{R}^{(e)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^{(e)} \tag{34.11}$$

$$\frac{d\overline{K}_O}{dt} = \overline{M}_0^{(e)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0\left(\overline{F}_k^{(e)}\right)$$

(34.5) va (34.10) tenglamalarni (34.11) bilan taqqoslasak,

$$\left.\begin{aligned} \overline{R}^{(u)} &= -\frac{dQ}{dt}; \\ \overline{M}_0^{(u)} &= -\frac{d\overline{K}_0}{dt} \end{aligned}\right\} \tag{34.12}$$

(34.12) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, inersiya kuchlarining bosh vektori mexanik sistema harakat miqdoridan, bosh momenti kinetik momentdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilalarga teng bo‘lib, yo‘nalishlari ularga qarama-qarshidir. (34.4) va (34.9) tenglamalarni koordinata o‘qlariga proyeksiyalab, fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta‘siridagi mutlaq qattiq jism muvozanatining zarur va yetarli shartini ifodalovchi statikaning muvozanat tenglamasini hosil qilamiz.

$$\begin{aligned} &\sum_{k=1}^{n} F_{kx}^{(e)} + \sum_{k=1}^{n} \Phi_{kx} = 0; && \sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k^{(e)}\right) + \sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{\Phi}_k\right) = 0; \\ &\sum_{k=1}^{n} F_{ky}^{(e)} + \sum_{k=1}^{n} \Phi_{ky} = 0; && \sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k^{(e)}\right) + \sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{\Phi}_k\right) = 0 \\ &\sum_{k=1}^{n} F_{kz}^{(e)} + \sum_{k=1}^{n} \Phi_{kz} = 0. && \sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{F}_k^{(e)}\right) + \sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{\Phi}_k\right) = 0 \end{aligned} \tag{34.13}$$

Agar kuchlar bir tekislikda yotsa, yoki parallel bo‘lsa, yoki ta‘sir chiziqlari bir nuqtada kesishsa, (34.13) tenglamadagi tenglamalar soni kamayadi. Istalgan o‘zgaruvchi mexanik sistemaning harakatini to‘liq o‘rganish uchun (34.13) tenglama zarurdir, lekin yetarli emas. Ammo mutlaq qattiq jism uchun (34.13) tenglama yetarli bo‘lib, jismning harakatini to‘liq aniqlaydi.

Bu metod bilan sistema harakati vaqtida yuzaga keladigan reaksiya kuchlarini aniqlash qulaydir. Chunki tenglamalarni tuzishda ichki kuchlar hisobga olinmaydi. Amaliyotda (34.5) (34.10) va (34.13) tenglamalarni qo‘llash uchun inersiya kuchlarining bosh vektori $\overline{R}^{(u)}$ va bosh momenti $\overline{M}_o^{(u)}$ larni hisoblash sodda formulalari avvaldan aniq bo‘lishi lozim.

Statika bo‘limida kuchlar qanday sodda holga keltirilgan bo‘lsa,inersiya kuchlari ham xuddi shunday usulda sodda holga keltiriladi, ya’ni ixtiyoriy tanlab olingan markazga fikran kuchlar parallel ko‘chiriladi, natijada keltirish markazida kuchlarga teng kuch va tashkil etuvchilari shu kuchlarga teng juftlar hosil bo‘ladi. Hamma inersiya kuchlarini va momentlarini qo‘shsak, keltirish markazida inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti kelib chiqadi.

Inersiya kuchlarining bosh vektori teng bo‘ladi:

$$\overline{R}^{(u)} = \sum_{k=1}^{n} \overline{\Phi}_k = -\sum_{k=1}^{n} m_k \overline{a}_k \tag{34.14}$$

bu yerda

$$\overline{a}_k = \frac{d^2\overline{r}_k}{dt^2} \tag{34.15}$$

(34.15) ifodani (34.14)ga olib borib qo‘ysak, quyidagi tenglama kelib chiqadi. Ya’ni:

$$\overline{R}^{(u)} = -\frac{d^2}{dt^2}\sum_{k=1}^{n} m_k \overline{r}_k \tag{34.16}$$

$$\sum_{k=1}^{n} m_k \overline{r}_k = M\overline{r}_C$$

Bizga ma‘lum bo‘lgan ifodani (34.16) ga olib borib qo‘ysak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\overline{R}^{(u)} = -\frac{d^2}{dt^2}\left(M\,\overline{r}_C\right) = -M\,\frac{d^2\overline{r}}{dt^2}$$

yoki

$$\overline{R}^{(u)} = -M\overline{a}_C \tag{34.17}$$

bu yerda M – jism massasi , $\overline{a}_C$ - massalar markazi tezlanishi.

Demak, ixtiyoriy harakatdagi jism inersiya kuchlarining bosh vektori, sistema massasi va massalar markazi tezlanishining ko‘paytmasiga teng bo‘lib, tezlanishga qarama-qarshi tomonga yo‘naladi. Inersiya kuchlarining bosh momentini hisoblash ancha murakkab. Tekis-parallel harakat qiluvchi qattiq jism uchun inersiya kuchlarining bosh momentini hisoblaymiz.

Keltirish markazi deb simmetriya tekisligida ixtiyoriy O nuqtaniolamiz va shu markazga nisbatan inersiya kuchlarining bosh momentini hisoblaymiz:

$$\overline{M}_0^{(u)} = \sum_{k=1}^{n}\overline{m}_0\left(\overline{\Phi}_k\right) = \sum_{k=1}^{n}\overline{r}_k \times \overline{\Phi}_k = -\sum_{k=1}^{n}\overline{r}_k \times m_k\overline{a}_k \tag{34.18}$$

bu yerda $\overline{r}_k$- keltirish markazi O ga nisbatan jism bo‘lakchasining radius-vektori, m_k- bo‘lakchaning massasi, $\overline{a}_k$ - bo‘lakchaning tezlanishi. Kinematika bo‘limidan bizga ma‘lumki,

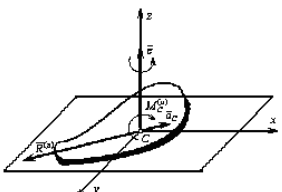
$$\overline{a}_k = \overline{a}_0 + \overline{\varepsilon}\times\overline{r}_k - \omega^2\overline{r}_k$$

$$\begin{aligned}\overline{m}_0\left(\overline{\Phi}_k\right) &= -\overline{r}_k \times m_k\overline{a}_k = -\overline{r}_k \times\left(\overline{a}_0 + \overline{\varepsilon}\times\overline{r}_k - \omega^2\overline{r}_k\right) = \\ &= \overline{a}_0 \times m_k\overline{r}_k - \overline{\varepsilon}\, m_k r_k^2 \qquad (k = 1,2,\cdots,n)\end{aligned} \tag{34.19}$$

Chunki,

$$\overline{r}_k \times \overline{r}_k = 0\ ;\quad \overline{r}_k \times\left(\overline{\varepsilon}\times\overline{r}_k\right) = \overline{\varepsilon}r_k^2 - \overline{r}_k\cdot\left(\overline{r}_k\cdot\overline{\varepsilon}\right) = \overline{\varepsilon}\,r_k^2 \tag{34.20}$$

(34.20) o‘rinli, chunki $\overline{r}_k \perp \overline{\varepsilon}$ bo‘lgani uchun $\overline{r}_k\cdot\overline{\varepsilon} = 0$.



31-shakl

Demak (34.19) tenglamani hisobga olgan holda (34.18) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$\overline{M}_0^{(u)} = \overline{a}_0 \times \sum_{k=1}^{n} m_k\overline{r}_k - \overline{\varepsilon}\sum_{k=1}^{n} m_k r_k^2 \tag{34.21}$$

Massalar markazini va o‘qqa nisbatan inersiya momentini hisoblash formulalarini e’tiborga olsak, (38.21) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\overline{M}_0^{(u)} = \overline{r}_C \times M\,\overline{a}_C - I_z\overline{\varepsilon}, \tag{34.22}$$

bu yerda $\overline{r}_C$- keltirish markazi O nuqtaga nisbatan massalar markazining radius-vektori, I_z- keltirish markazi O nuqtadan o‘tuvchi, harakat tekisligiga perpendikulyar yo‘nalgan Oz o‘qiga nisbatan inersiya momenti.

Agar keltirish markaz deb massalar markazini olsak, u holda $\overline{r}_C = 0$ bo‘ladi va (34.22) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\overline{M}_0^{(u)} = -I_z\overline{\varepsilon}, \tag{34.23}$$

(34.23) tenglamadagi minus ishorasi moment vektori $\overline{M}_o^{(u)}$ ning yo‘nalishi burchak tezlanish vektori $\bar{\varepsilon}$ ning yo‘nalishiga qarama- qarshi yo‘naladi.

Xulosa qilib aytganda, inersiya kuchlari sistemasi massalar markaziga qo‘yilgan (34.17) tenglamada ifodalangan bosh vektorga va jismning simmetriya tekisligida yotuvchi (34.23) tenglamada ifodalangan juftga keltirildi (31-shakl).

Asosiy tushunchalar

Ma’lumki, qattiq jismning muvozanatini tekshirish uchun oltita muvozanat tenglama tuzilib va ular yechilib, noma‘lum reaksiya kuchlari aniqlanadi. Ammo bir qancha jismlardan iborat mexanizmlarni olsak, bunday sistemaning *n* ta qismlari uchun *6n* ta tenglama tuzish lozim.

Albatta bu tenglamalarni yechish noqulaydir. Chiqadigan natijalarning hammasini aniqlashga hamma vaqt imkoniyat bo‘lavermaydi. Shuning uchun boshqa usul qo‘llashga to‘g‘ri keldi. Bunday masalalarni birinchi marotaba to‘la ravishda Lagranj o‘zining «Analitik mexanika» sida yechdi. Analitik mexanikada mexanik sistemaning harakatini va muvozanatini tekshirish uchun umumiy, yagona usullar keltirib chiqarildi. Bu usullarni mexanik sistemalarga tatbiq etish bilan birga elektromexanik hodisalarga ham tatbiq qilishda samarali foydalanildi. Bilamizki, sistema erkin bo‘lsa, nuqtalarining ko‘chishi ixtiyoriy bo‘ladi, bog‘lanishdagi sistema uchun nuqtalarning ko‘chishi cheklangan bo‘ladi. Bog‘lanishdagi mexanik sistema va uning harakat differensial tenglamalari bilan II bobda tanishgan edik. Mavzuning ba’zi bir mavqelari bilan shu bobda tanishib o‘tamiz.

35. Bog‘lanishlar klassifikatsiyasi

Moddiy nuqta erkin, yoki bog‘lanishsiz deyiladi, agar uning harakati boshlang‘ich shartlar va unga qo‘yilgan aktiv kuchlar bilan aniqlansa. Aktiv kuchlar-reaksiya kuchlaridan tashqari hamma kuchlar bo‘lib, boshlang‘ich shartlar-nuqtaning boshlang‘ich holati va boshlang‘ich tezligidir.

Erkin moddiy nuqtalardan tashkil topgan mexanik sistema erkin sistema deyiladi.

Quyosh sistemasi bunga misol bo‘ladi, chunki hamma planetalarning harakati butun olam tortilish kuchi ta‘sirida bo‘ladi.

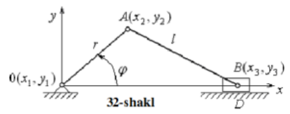
Agar moddiy nuqtaning harakatiga boshlang‘ich shartlar va aktiv kuchlarga bog‘liq bo‘lmagan cheklar qo‘yilgan bo‘lsa, moddiy nuqta erkin bo‘lmagan, yoki bog‘lanishdagi deyiladi.

Erkin bo‘lmagan moddiy nuqtalardan tashkil topgan mexanik sistema erkin bo‘lmagan sistema yoki bog‘lanishdagi sistema deyiladi.

Har qanday ixtiyoriy mexanizm bog‘lanishdagi sistemaga misol bo‘la oladi. Boshlang‘ich shartlar va unga qo‘yilgan aktiv kuchlarga bog‘liq bo‘lmagan mexanik sistemaning harakatini chegaralovchi sabab *bog‘lanish* deyiladi. Bog‘lanishlarni tenglamalar ko‘rinishda ifodalanadi va *bog‘lanishlar tenglamasi* deyiladi. Bu tenglamalar mexanik sistema nuqtalariga qo‘yilgan bog‘lanishlarning matematik ifodasi vaqt, sistema nuqtalarining koordinatalari va ularning hosilalariga bog‘liq tenglamalar bilan aniqlanadi.

1. Statsionar va statsionar bo‘lmagan bog‘lanishlar

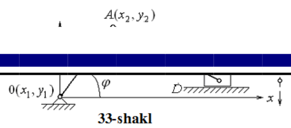
Vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydigan bog‘lanish *statsionar bog‘lanish* deyiladi. Bog‘lanish tenglamalari vaqtga aniq bog‘liq bo‘lmaydi. Misol uchun krivoship – shatun mexanizmining ixtiyoriy holatini *O, A* va *B* nuqtalarning holati orqali aniqlanadi. (32-shakl) Mexanik sistema uchun beshta bog‘lanish tenglamasini tuzamiz:



32-shakl

$$\left.\begin{aligned} & x_1 = y_1 = y_3 = 0; \\ & x_2^2 + y_2^2 - r^2 = 0; \\ & (x_2 - x_3)^2 + y_2^2 - l^2 = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (35.1)$$

Bog‘lanish tenglamalari, mexanizmning ixtiyoriy harakatida, *O* nuqtaning qo‘zg‘almasligini, *B* nuqtaning *Ox* o‘qi bo‘ylab sirpanishini, *OA* va *AB* masofalarning o‘zgarmasligini va uchta nuqtalar koordinatalari orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi. (35.1) tenglamalardan ko‘rinib turibdiki, ular vaqtga bog‘liq emas. Demak bu bog‘lanish statsionar bog‘lanishdir. Vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradigan bog‘lanish


33-shakl

statsionar bo'lmagan bog'lanish deyiladi. Bog'lanish tenglamasi vaqtga aniq bog'liq bo'ladi. Buni 33-shakldagi misolda ko'rishimiz mumkin. Vertikal bo'ylab $y = a\sin kt$ qonuni bo'yicha garmonik tebranma harakat qiluvchi krivoship-shatun mexanizmining B polzuni stolning ustida sirpanadi (33-shakl).

Sistemaning bog'lanish tenglamalari quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\left.\begin{aligned} & x_1 = y_1 = 0; \\ & y_3 - a\sin kt = 0; \\ & x_2^2 + y_2^2 - r^2 = 0; \\ & (x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2 - l^2 = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (35.2)$$

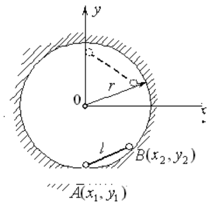
Keltirib chiqarilgan bog'lanish tenglamasidan ko'rinib turibdiki, aniq vaqtga bog'liq:

$$y_3 - a\sin kt = 0 \qquad (35.3)$$

Demak bu bog'lanish statsionar bo'lmagan bog'lanishdir.

2. Bo'shatmaydigan va bo'shatadigan bog'lanishlar

Sistema nuqtalarining butun harakati davomida o'z ta'sirini saqlab qoladigan bog'lanishlar *bo'shatmaydigan bog'lanishlar* deyiladi. Vaqt oralig'ida ta'sirini o'zgartiradigan bog'lanishlar *bo'shatadigan bog'lanishlar* deyiladi. Bo'shatmaydigan bog'lanishlar tenglamasi tenglik ishorasi bilan beriladi. Bo'shatadigan bog'lanishlar tengsizlik ishorasi bilan beriladi. A va B nuqtalaridan iborat ixtiyoriy sistema uzunligi l bo'lgan qattiq sterjen bilan mahkamlangan bo'lib, vertikal tekislikda joylashgan aylanada sirpanadi (34-shakl).



34-shakl

Aniqki, ko'rilayotgan sistema ayrim boshlang'ich shartlarda va kuchlarda aylanadan ajramagan holda u bo'ylab tez harakat qiladi. Ayrim hollarda bog'lanishdan ajragan holda tushib ketadi. Ikkala holni birgalikda ko'rib, sistemaning holatini x_1, y_1, x_2, y_2 koordinatalar orqali ifodalasak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\left.\begin{aligned} & x_1^2 + y_1^2 - r^2 \le 0; \\ & x_2^2 + y_2^2 - r^2 \le 0; \\ & (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 - l^2 = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (35.4)$$

(35.4) tengsizlik bilan ifodalangan bog'lanishlar bo'shatadigan bog'lanishlar. Shuni aytib o'tish kerakki, amaliyotda ko'pincha bo'shatmaydigan bog'lanishlar uchraydi.

3. Golonomli va begolonom bog'lanishlar

Golonomli (geometrik) va begolonom (kinematik) bog'lanishlarni ko'rib chiqamiz. Mexanik sistemaning holatini chegaralovchi bog'lanish *golonomli bog'lanish* deyiladi. Golonomli bog'lanishni ifodalovchi tenglamaga faqat sistema nuqtalarining koordinatlari kiradi, lekin koordinatlardan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilalar kirmaydi. Begolonom bog'lanishda mexanik sistema nuqtalarining tezliklari cheklanadi. Begolonomli bog'lanishni ifodalovchi tenglamaga sistema nuqtalarining koordinatlari va koordinatlardan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilalar kiradi. Begolonomli bog'lanishni ifodalovchi differensial tenglamalarni integrallab bo'lmaydi. Ko'rib o'tgan hamma bog'lanishlarimiz golonomli bog'lanishlariga sistema, agar golonomli bog'lanishda bo'lsa, *golonomli* deyiladi. Mexanik sistema, agar begolonomli bog'lanishda bo'lsa, *begolonomli* deyiladi.

Takrorlash uchun savollar

1. Aktiv kuchlarni tushintiring;
2. Inersiya kuchlari qanday kuchlar **deyiladi**?
3. Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipi qanday ta'riflanadi?
4. Mexanik sistema uchun Dalamber prinsipi qanday ta'riflanadi?
5. Prinsiplarning afzalligi nimadan iborat?
6. Kinetostatika usulini tushuntiring.

7. Bog‘lanishlar klassifikatsiyasini tushuntiring.
8. Erkin va erkin bo‘lmagan mexanik sistemalarni tushuntiring.
9. Statsionar va statsionar bo‘lmagan bog‘lanishlar deb qanday bog‘lanishlarga aytiladi?
10. Bo‘shatmaydigan va bo‘shatadigan bog‘lanishlarni tushuntiring.
11. Golonomli va begolonom bog‘lanishlar qanday bog‘lanishlar?

25– 27 MAVZULAR. Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari

Reja:

1. Mexanik sistemaning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari;
2. Mumkin bo‘lgan ko‘chishda kuchning bajargan ishi;
3. Umumlashgan kuch;
4. Ideal bog‘lanishlar;
5. Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi.
6. Umumlashgan koordinatalar;
7. Mexanik sistemaning erkinlik darajasi;
8. Umumlashgan tezlik va umumlashgan tezlanish;
9. Umumlashgan koordinatalarda mexanik sistemaning harakat differensial tenglamalari yoki Lagranjning II tur differensial tenglamalari deyiladi.

Tayanch so‘zlar va iboralar

Mumkin bo‘lgan ko‘chish, cheksiz kichik ko‘chish, umumlashgan kuch ,ideal bog‘lanish, kichik ko‘chishlar.Umumlashgan koordinata, erkinlik daraja, ideal sistema, umumlashgan tezlanish, umumlashgan tezlik.

36. Mexanik sistemaning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari

Agar mexanik sistemaga bog‘lanishlar qo‘yilgan bo‘lsa, u erkin istalgan yo‘nalishda ko‘chishi cheklanadi, chunki bog‘lanishlar sistema nuqtalariga faqatgina ayrim yo‘nalishlarda ko‘chish berishlari mumkin. Erkin bo‘lmagan mexanik sistema uchun *mumkin bo‘lgan ko‘chish* tushunchasi kiritiladi.

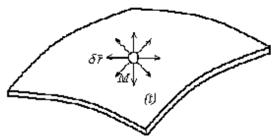
Mumkin bo‘lgan ko‘chish deb, berilgan holatida, bog‘lanishlarni o‘zgartirmasdan sistema nuqtalarining faraz qilinadigan juda kichik ko‘chishlari tushuniladi.

Shu qatori erkin bo‘lmagan moddiy nuqta uchun ham mumkin bo‘lgan ko‘chish tushunchasini kiritamiz. Nuqta yoki mexanik sistema nuqtalarining mumkin bo‘lgan ko‘chishi tushunchasi sof geometrik tushunchadir. Nuqta yoki mexanik sistema nuqtalarining mumkin bo‘lgan ko‘chishi ,nuqta yoki mexanik sistemaga ta‘sir etuvchi kuchlarga bog‘liq bo‘lmay, ularga qo‘yilgan bog‘lanishlarning xarakteriga bog‘liqdir. Mumkin bo‘lgan ko‘chishda nuqta yoki sistemaga qo‘yilgan bog‘lanishlar saqlanadi va geometrik ko‘chishiga xalaqit bermaydi.

Moddiy nuqta M bo‘shatmaydigan statsionar golonomli bog‘lanishda qo‘zg‘almas sirtda joylashgan bo‘lib, bog‘lanish tenglamasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$f(x, y, z) = 0 \qquad (36.1)$$

Bog‘lanish tenglamasi (36.1) dan ko‘rinib turibdiki, M nuqtaning birinchi ikkita koordinatasini ixtiyoriy qiymat qabul qiluvchi erkin o‘zgaruvchilar deb olib, uchinchisini bog‘lanish tenglamasidan ularning funksiyasi sifatida ko‘rish mumkin. Sirtda M nuqtaning ixtiyoriy t vaqtdagi biror holatini olamiz (56-shakl) va xayolan vaqtni to‘xtatib, shu vaziyatda nuqtani ham qotiramiz.



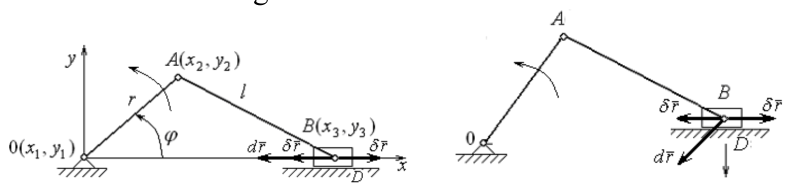
35- shakl

Nuqtaning haqiqiy harakatini, unga ta‘sir etayotgan kuchlarni va trayektoriyasini e’tiborga olmay, uning shu holatidan qo‘yilgan bog‘lanishlar ta‘sirida qaysi yo‘nalishda ko‘chishini ko‘ramiz. Biz ko‘rayotgan misolda bog‘lanish sirt bo‘lgani uchun nuqta istalgan yo‘nalishda sirt bo‘ylab ko‘chishi mumkin. *M* nuqtaning sirt bo‘ylab ixtiyoriy yo‘nalishda cheksiz kichik ko‘chishi vektori *mumkin bo‘lgan ko‘chish vektori* deyiladi. Vektor *M* nuqtada sirtga urinma ravishda ixtiyoriy tomonga yo‘naladi. Demak, mumkin bo‘lgan ko‘chish vektori sirtga urinma tekislikda yotadi. 35-shaklda vektor $\delta\bar{r}$ bilan belgilangan bo‘lib, bu yerda $\bar{r}$ nuqtaning koordinatalar boshiga nisbatan radius-vektoridir. *M* nuqtaning cheksiz kichik ko‘chishi bilan haqiqiy ko‘chishini farq qilish kerak. Haqiqiy ko‘chish $d\bar{r}$ yagona bo‘lib, birgina bog‘lanishlarga bog‘liq bo‘lmay, boshlang‘ich shartlarga va nuqtaga ta‘sir etuvchi kuchlarga ham bog‘liqdir. Biz ko‘rgan misolda sirt (statsionar bog‘lanishda) qo‘zg‘almas bo‘lib, haqiqiy harakat trayektoriyasi sirt ustida yotadi va $d\bar{r}$ haqiqiy ko‘chish vektori ham sirt ustida yotadi va biror mumkin bo‘lgan ko‘chish vektori $\delta\bar{r}$ bilan ustma-ust tushadi.

Agar vaqt o‘tishi bilan sirt(statsionar bo‘lmagan bog‘lanishda) o‘zi ham biror qonun bilan harakatlansa, ya’ni bog‘lanish (36.2) tenglama bilan ifodalansa,

$$f(x, y, z, t) = 0 \tag{36.2}$$

haqiqiy harakat trayektoriyasi sirt ustida yotmaydi. Haqiqiy ko‘chish vektori $d\bar{r}$ ham sirtga urinma tekislikda yotmaydi. Mumkin bo‘lgan ko‘chish vektori $\delta\bar{r}$ esa to‘xtatilgan vaqt va to‘xtatilgan bog‘lanishda aniqlanadi, yo‘nalishi o‘zgarmaydi, shuning uchun $d\bar{r}$ haqiqiy ko‘chish vektori mumkin bo‘lgan ko‘chish vektori $\delta\bar{r}$ bilan ustma-ust tushmaydi.



a) 36-shakl *b*)

36-shaklning *a)* chizmasida statsionar golonomli bog‘lanish bo‘lib, haqiqiy ko‘chish bilan sistema biror nuqtasining mumkin bo‘lgan ko‘chishi bitta o‘q bo‘ylab bir tomonga yoki qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan, *b)* chizmada statsionar bo‘lmagan golonomli bog‘lanish bo‘lib, haqiqiy ko‘chish bilan sistema biror nuqtasining mumkin bo‘lgan ko‘chishi ustma-ust tushmaydi. Agar $d\bar{r}$ haqiqiy ko‘chish, harakat qonuni $\bar{r} = \bar{r}(t)$ ko‘rinishdagi funksiyaning differensialidan iborat bo‘lsa, mumkin bo‘lgan ko‘chish $\delta\bar{r}$ funksiyaning variatsiyasidan iborat.

Bizga ma‘lumki:

$$d\bar{r} = dx\bar{i} + dy\bar{j} + dz\bar{k} \tag{36.3}$$

ga teng. Vektor $\delta\bar{r}$ uchun yozamiz:

$$\delta\bar{r} = \delta x\bar{i} + \delta y\bar{j} + \delta z\bar{k} \tag{36.4}$$

(36.4) tenglamadagi $\delta x, \delta y, \delta z$ lar nuqtaning *x,y,z* koordinatalarining variatsiyalaridir. Funksiya qanday differensiallansa, variatsiyasini ham shunday hisoblanadi. Sistemaning har qanday mumkin bo‘lgan ko‘chishi nuqtalarning variatsiyalarining analitik ifodalari orqali aniqlanadi.

37. Mumkin bo‘lgan ko‘chishda kuchning bajargan ishi haqida tushuncha. Umumlashgan kuch. Ideal bog‘lanishlar

Golonom sistemaga ta‘sir etuvchi hamma kuchlarning mumkin bo‘lgan ko‘chishda bajargan ishini δA hisoblaymiz. Sistemaning M_k nuqtasiga ta‘sir etuvchi kuch $\bar{F}_k$ bo‘lsin. Bu kuchning $\delta\bar{r}_k$ mumkin bo‘lgan ko‘chishda bajargan ishi

$$\delta A_k = \bar{F}_k \cdot \delta\bar{r}_k = F_k \delta s_k \cos\left(\bar{F}_k, ^\wedge \delta\bar{r}_k\right) \tag{37.1}$$

Bu yerda $\delta\bar{r}_k$ vektorning moduli M_k nuqtaning mumkin bo‘lgan ko‘chishda chizgan trayektoriyasining δs_k yoyiga tengdir, ya'ni:

$$\left|\delta \bar{r}_k\right| = \delta s_k \tag{37.2}$$

(37.1) tenglamani proyeksiyalari orqali ifodalasak:

$$\delta A_k = F_{xk}\delta x_k + F_{yk}\delta y_k + F_{zk}\delta z_k \tag{37.3}$$

Sistemaning hamma nuqtalari uchun (41.1) va (37.3) tenglamalarni yozib hadma-had qo'shsak, (41.4) tenglama kelib chiqadi:

$$\delta A = \sum \delta A_k = \sum \bar{F}_k \cdot \delta \bar{r}_k = \sum F_k \delta s_k \cos\left(\bar{F}_k, \wedge \delta \bar{r}_k\right) =$$
$$= \sum (F_{xk}\delta x_k + F_{yk}\delta y_k + F_{zk}\delta z_k) \tag{37.4}$$

Sistemaga ta'sir etuvchi barcha kuchlarning mumkin bo'lgan ko'chishdabajargan ishini qisqacha *mumkin ish* deb yuritamiz. Mumkin ishni golonomli sistemaning umumlashgan koordinatalari orqali ifodalaymiz. Sistema n ta nuqtadan tashkil topgan bo'lib, erkinlik darajasi p ga teng. Sistemaning ixtiyoriy M_k nuqtasini (35.2) tenglamaga asosan umumlashgan koordinata orqali ifodalasak, $q_j\,(j = 1,2,3,..., p)$ ga teng. Radius – vektorini ham umumlashgan koordinatalar orqali ifodalaymiz:

$$\bar{r}_k = x_k \bar{i} + y_k \bar{j} + z_k \bar{k} \tag{37.5}$$

Natijada sistemaning har bir nuqtasining radius-vektori uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$\bar{r}_k = \bar{r}_k\left(q_1, q_2, \ldots, q_p\right)$$
$$\left(k = 1, 2, \ldots, n\right) \tag{37.6}$$

Funksiyani Teylor qatoriga yoyib, sistemaning har bir nuqtasining mumkin bo'lgan ko'chishi $\delta\bar{r}_k = (k = 1,2,..., n)$ ni umumlashgan koordinata $q_j\,(j = 1,2,3,..., p)$ larning bir-biriga bog'liq bo'lmagan $\delta q_j\,(j = 1,2,3,..., p)$ variatsiyalari orqali ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\delta \bar{r}_k = \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_1}\delta q_1 + \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_2}\delta q_2 + \cdots + \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_p}\delta q_p$$
$$\left(k = 1, 2, 3, \ldots, n\right) \tag{37.7}$$

(37.7) ifodani (37.4) tenglamaga olib borib qo'yib, umumiy ko'paytuvchi $\delta q_j\,(j = 1,2,3,..., p)$ ni qavsdan tashqariga chiqarsak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\delta A = \sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k \cdot \delta \bar{r}_k = \left(\sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_1}\right)\delta q_1 + \cdots + \left(\sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_p}\right)\delta q_p \tag{37.8}$$

Belgilash kiritamiz:

$$Q_J = \sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_J} = \sum_{k=1}^{n}\left(F_{xk}\frac{\partial x_k}{\partial q_j} + F_{yk}\frac{\partial y_k}{\partial q_j} + F_{zk}\frac{\partial z_k}{\partial q_j}\right)$$
$$\left(j = 1, 2, 3, \ldots, p\right). \tag{37.9}$$

U holda (37.8) tenglamadagi mumkin ish δA quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\delta A = Q_1\,\delta q_1 + Q_2\,\delta q_2 + \cdots + Q_p\,\delta q_p \tag{37.10}$$

(37.10) tenglama tuzilishidan (41.3) tenglama bilan bir xil.
Demak (37.10) tenglamadagi umumlashgan koordinata variatsiyalari oldidagi koeffitsient $Q_1, Q_2,..., Q_p$ lar *umumlashgan kuchlar* deyiladi.

Sistemaning bitta umumlashgan koordinatasini o'zgartirib, qolgan koordinatalarni o'zgartirmasdan mumkin bo'lgan ko'chish beramiz, ya'ni:

$$\delta q_1 \neq 0, \qquad \delta q_2 = \delta q_3 = \ldots = \delta q_p = 0. \tag{37.11}$$

Kuchlarning shu mumkin bo'lgan ko'chishda bajargan mumkin ishini $\delta A'$ desak:

$$\delta A' = Q_1 \delta q_1 \;\rightarrow Q_1 = \frac{\delta A'}{\delta q_1}. \qquad (37.12)$$

kelib chiqadi. Bu Q_1 umumlashgan kuchdir.

Bilamizki, bog‘lanishlar sistemaning ko‘chish erkinligini chegaralab harakatining xarakterini o‘zgartiradi. Harakatni to‘liq tekshirish uchun bog‘lanish reaksiyalarini o‘rganib chiqish lozim. Kuchlar aktiv kuchlarga va bog‘lanish reaksiya kuchlariga ajraladi.

Bog‘lanishlar ideal va ideal bo‘lmagan bog‘lanishlarga ajraydi.

Sistemaning M_k nuqtasiga ta‘sir etuvchi aktiv kuchlarning (ichki va tashqi) teng ta‘sir etuvchisini $\overline{F}_k$ bilan, bog‘lanish reaksiya kuchlarining teng ta‘sir etuvchisini $\overline{R}_k$ bilan, barcha kuchlarning teng ta‘sir etuvchisini $\overline{F}_k^*$ bilan belgilaymiz.

Demak :

$$\overline{F}_k^* = \overline{F}_k + \overline{R}_k \qquad (37.13)$$

Sistema nuqtalariga ko‘chish berib, kuchlarning bajargan elementar ishlarini hisoblaymiz:

$$\sum_{k=1}^{N} \delta A_k = \sum_{k=1}^{N} \overline{F}_k^* \delta \overline{r}_k = \sum_{k=1}^{N} \overline{F}_k \delta \overline{r}_k + \sum_{k=1}^{N} \overline{R}_k \delta \overline{r}_k \qquad (37.14)$$

Agar har qanday mumkin bo‘lgan ko‘chishda bog‘lanish reaksiya kuchlarining bajargan elementar ishlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lsa, sistema ideal bog‘lanishda deyiladi.

Ya’ni:

$$\sum_{k=1}^{N} \overline{R}_k \delta \overline{r}_k = 0 \qquad (37.15)$$

Ideal bog‘lanishdagi sistemaga misol qilib mutlaq qattiq g‘adir-budur sirt ustida mutlaq qattiq jismning sirpanmasdan dumalashi, mutlaq silliq tekislik ustidagi sistemaning harakati, sistemaning mahkamlangan nuqtalarini keltirish mumkin.

38. Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi

Mutlaq qattiq jismlar muvozanatining zarur va yetarli shartlari geometrik statikadan ma‘lum. Lekin jismlar sistemasining muvozanatini tekshirishda ularni bo‘laklab, har biri uchun muvozanat tenglama tuzishga to‘g‘ri keladi. Jismlar soni ortgan sari tenglamalar soni ham ortib boradi. Masalani bu usulda yechish murakkablashadi. Analitik statikada mutlaq qattiq jismlarning muvozanati tekshirish mumkin bo‘lgan ko‘chishlar prinsipiga asoslanadi. Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi istalgan mexanik sistema muvozanatining zarur va yetarli shartini ifodalaydi, ya’ni *ideal bo‘shatmaydigan statsionar bog‘lanishdagi mexanik sistema muvozanatda bo‘lishi uchun, aktiv kuchlarning mumkin bo‘lgan ko‘chishda bajargan elementar ishlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.*

Demak mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\delta A = \sum_{k=1}^{n} F_k^{(a)} \cdot \delta \overline{r}_k = 0 \qquad (38.1)$$

bu yerda $\overline{F}_k^{(a)}$-sistemaning k nuqtasiga qo‘yilgan aktiv (tashqi va ichki) kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi. Birinchi navbatda sistema muvozanatda bo‘lsa, (38.1) tenglama o‘rinli ekanligini isbot qilamiz. Bu prinsipning zaruriy shartidir. Ideal bo‘shatmaydigan statsionar bog‘lanishdagi mexanik sistema muvozanatda bo‘lsin. Bu shuni ko‘rsatadiki, sistemaning har bir nuqtasi muvozanatda bo‘ladi. Bo‘shatish prinsipidan foydalangan holda sistemaning k nuqtasi uchun aktiv $\overline{F}_k^{(a)}$ kuchlar qatoriga bog‘lanish reaksiya $\overline{N}_k$ kuchlarini qo‘shib, geometrik statikaning muvozanat tenglamasini yozamiz:

$$\overline{F}_k^{(a)} + \overline{N}_k = 0 \qquad (38.2)$$

(38.2) tenglamani hadma – had ixtiyoriy mumkin bo‘lgan ko‘chishga ko‘paytirib, sistemaning hamma nuqtalari uchun

$$\sum_{k=1}^{n}\left(\overline{F}_k^{(a)}\delta\,\overline{r}_k+\overline{N}_k\delta\,\overline{r}_k\right)=0 \qquad (38.3)$$

deb yozamiz.
Sistema ideal bog‘lanishda bo‘lgani uchun quyidagi tenglik o‘rinli:

$$\sum_{k=1}^{n}\overline{N}_k\delta\,\overline{r}_k=0 \qquad (38.4)$$

U holda (42.3) tenglamadan (42.1) tenglama kelib chiqadi.
Ya’ni:

$$\sum_{k=1}^{n}\overline{F}_k^{(a)}\delta\,\overline{r}_k=0$$

Prinsipning zaruriy sharti isbot qilindi. Yetarli shartini, ya’ni (38.1) tenglama o‘rinli bo‘lsa, sistema muvozanatda bo‘lishini, isbot qilamiz. Faraz qilamiz (38.1) tenglama o‘rinli bo‘lib, lekin sistemaning birinchi nuqtasi tinch holatdan harakatga kelgan bo‘lsin. U holda nuqtaga ta‘sir etuvchi kuchlarning teng ta‘sir etuvchisi $\overline{R}_1=\overline{F}_1^{(a)}+\overline{N}_1$ ga teng bo‘lib noldan farqlidir. $\overline{R}_1$ kuchi ta‘sirida tinch holatdagi birinchi nuqta uning ta‘sir chizig‘i bo‘ylab haqiqiy ko‘chish oladi. Biz ko‘rayotgan holda bu ko‘chish mumkin bo‘lgan ko‘chish $\delta\overline{r}_1$ bilan ustma-ust tushadi. Shuning uchun:

$$\overline{R}_1\cdot\delta\,\overline{r}_1=R_1\left|\delta\,\overline{r}_1\right|>0,$$

yoki:

$$(\overline{F}_1^{(a)}\delta\,\overline{r}_1+\overline{N}_1\delta\,\overline{r}_1)>0 \qquad (38.5)$$

ga teng. Qolgan nuqtalar tinch holatda deb, quyidagi tenglikni yozamiz:

$$\overline{F}_i^{(a)}\delta\,\overline{r}_i+\overline{N}_i\delta\,\overline{r}_i=0$$

$$i=(2,3,\ldots n). \qquad (38.6)$$

(38.5) va (38.6) ifodalarni hadma-had qo‘shsak :

$$\sum_{k=1}^{n}\left(\overline{F}_k^{(a)}\delta\,\overline{r}_k+\overline{N}_k\delta\,\overline{r}_k\right)>0 \qquad (38.7)$$

kelib chiqadi. Demak, (38.6) tenglamaga biror musbat tengsizlikni qo‘shsak, tengsizlik kelib chiqadi.
(38.7) tengsizlikka, muvozanatdan bitta nuqta emas, bir necha nuqta chiqsa ham, to‘g‘ri kelamiz.
Sistema ideal bog‘lanishda bo‘lgani uchun

$$\sum_{k=1}^{n}\overline{N}_k\delta\,\overline{r}_k=0$$

bo‘ladi. Demak (38.7) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\sum_{k=1}^{n}\overline{F}_k^{(a)}\delta\,\overline{r}_k>0 \qquad (38.8)$$

(38.8) tengsizlik bajarilsa, (42.1) tenglama o‘rinsiz bo‘lib qoladi. Buning bo‘lishi mumkin emas. Demak sistemaning birorta ham nuqtasi harakatlanmaydi va prinsipning yetarli sharti isbotlandi.
(38.1) tenglamaning skalyar ifodasini yozamiz:

$$\sum_{k=1}^{n}F_k^{(a)}\cdot\delta\,r_k\cdot\cos\left(\overline{F}_k^{(a)},\wedge\,\delta\,\overline{r}_k\right)=0$$

yoki

$$\sum_{k=1}^{n}\left(F_{kx}^{(a)}\delta x_k+F_{ky}^{(a)}\delta y_k+F_{kz}^{(a)}\delta z_k\right)=0 \qquad (38.9)$$

Masalani yechishda (38.9) tenglamaning istalganidan foydalanish mumkin. Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipini istalgan kuchlar ta‘siridagi mexanik sistema uchun qo‘llash mumkin.

39. Umumlashgan koordinatalar va mexanik sistemaning erkinlik darajasi

Mexanik sistema *3n* ta koordinatga ega bo‘lgan *n* ta nuqtadan iborat bo‘lib, nuqtalariga *s* golonomli (statsionar, bo‘shatmaydigan) bog‘lanishlar qo‘yilgan bo‘lsin:

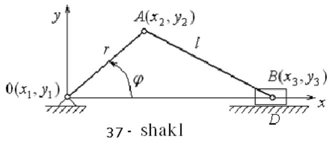
$$f_i(x_1, y_1, z_1, ..., x_n, y_n, z_n) = 0, \text{ bu yerda } i = 1,2,3,...,s \qquad (39.1)$$

Agar *s=3n* bo‘lsa, u holda

$$\left.\begin{aligned} x_1 = y_1 = y_3 = 0; \\ x_2^2 + y_2^2 - r^2 = 0; \\ (x_2 - x_3)^2 + y_2^2 - l^2 = 0. \end{aligned}\right\}$$

(39.2)

ko‘rinishdagi *3n* tenglamadan mexanik sistemaning *3n* nuqtasining koordinatalari aniqlanadi. Bu koordinatalar doimiy qiymatga ega bo‘lgani uchun mexanik sistema harakatlanmaydi. Mexanik sistema harakatlanishi uchun S<3*n* bo‘lishi kerak. Bu holda golonom sistemaning *3n* nuqtalarining hammasi ham bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan nuqtalar bo‘lmaydi, chunki (39.2) ko‘rinishdagi *s* tenglamada *s* koordinatasini *3n-s* koordinatalar orqali ifodalash mumkin. Demak ko‘rilayotgan golonomli mexanik sistemaning biror hisob sistemasiga nisbatan holatini aniqlash uchun *3n* koordinatalardan *3n-s* olish kifoya. 37-shakldagi krivoship-shatun mexanizmida *O,A,B* nuqtalarning oltita koordinatasi bir-biri bilan (39.1) tenglamadagi beshta tenglama bilan bog‘langan. Sistemaning aniq holatini aniqlash uchun birgina koordinatasining o‘zgaruvchilarini (x_2, y_2 yoki y_3) bilsak yetarlidir, qolganlari hammasi (39.2) tenglamadan
topiladi.



37 - shakl

Golonom sistemaning holatini aniqlash uchun bog‘liqsiz koordinatalar o‘rnida sistemaga tegishli nuqtaning koordinatlarini olish shart emas, istalgan parametrlarni olish mumkin. Mexanik sistemaga qo‘yilgan bog‘lanishlar golonomli bo‘shatmaydigan bo‘lsa, sistema nuqtalarining holatini aniqlovchi bog‘liqsiz parametrlar soni *sistemaning erkinlik darajasi* deyiladi.

61-shakldagi krivoship-shatun mexanizmida mexanizmning holatini bir qiymatli aniqlovchi bog‘liqsiz koordinatalar x_2, x_3 yoki y_2. Lekin bog‘liqsiz koordinatalar o‘rnida bularni olish shart emas. Mexanizmning holatini aniqlovchi istalgan parametrni olish mumkin. Misol uchun *OA* krivoshipning burilish burchagi φ ni olsak, shunda ko‘rilayotgan mexanizm bitta erkinlik darajaga egadir. Natijada biz quyidagi izohga kelamiz: *sistemaning holatini bir qiymatli aniqlaydigan, bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan, sistemaning erkinlik darajasiga teng parametrlar soni, golonom sistemaning umumlashgan koordinatalari deyiladi.*

Masalan, qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat qiluvchi qattiq jism bitta erkinlik darajaga ega bo‘lgani uchun uning holati bitta umumlashgan koordinata, ya’ni o‘q atrofida aylanish burchagi φ orqali aniqlanadi. Tekis–parallel harakat qiluvchi qattiq jismning erkinlik darajasi 3 ta: qo‘zg‘almas tekislikka parallel o‘tkazilgan ixtiyoriy kesimdagi og‘irlik markazining 2ta koordinatasi x_c va y_c, kesim yuziga perpendikulyar og‘irlik markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida aylanish burchagi φ. Qo‘zg‘almas nuqta atrofida aylanma harakat qiluvchi qattiq jism uchta erkinlik darajaga ega bo‘lgani uchun uning holati uchta umumlashgan koordinata bilan aniqlanadi, ya’ni φ, ψ, θ.

$$\left.\begin{aligned} x_k = x_k(q_1, q_2, \cdots, q_p); \\ y_k = y_k(q_1, q_2, \cdots, q_p); \\ z_k = z_k(q_1, q_2, \cdots, q_p). \\ (k = 1,2,3, \cdots, n) \end{aligned}\right\}$$

Golonomli statsionar bog‘lanishli *n* ta nuqtadan iborat (39.3)

mexanik sistemaning erkinlik darajasi *p* bo‘lsin. Golonomli sistemaning umumlashgan koordinatalarini $q_1, q_2, ..., q_p$ bilan belgilaymiz. Har bir nuqtaning koordinatalarini umumlashgan koordinatalar orqali ifodalaymiz:

37- shakldagi krivoship-shatun mexanizmining erkinlik darajasi bittabo‘lib, umumlashgan koordinatasi $q=\varphi$. Mexanizmning A va B nuqtalarining koordinatalarining tenglamasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\left.\begin{aligned} x_2 &= r\cos\varphi; \\ y_2 &= r\sin\varphi; \\ x_3 &= r\cos\varphi+\sqrt{l^2-r^2\sin^2\varphi}; \\ y_3 &= 0. \end{aligned}\right\} \tag{39,4}$$

Ko‘ramizki, (39.3) $3n$ tenglamadan $q_1, q_2, ..., q_p$ ga teng p umumlashgan koordinatani ayirsak, $x_k; y_k; z_k (k=1,2,3,...,n)$ nuqtalarning $3n-p=s$ tenglamasini hosil qilamiz. Bu statsionar golonomli bog‘lanish tenglamalari. Golonomli mexanik sistemaning harakat tenglamasi umumlashgan koordinatalar orqali quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$q_1=q_1(t),\ q_2=q_2(t), \cdots, q_p=q_p(t) \tag{39.5}$$

Umumlashgan koordinatalardan olingan birinchi va ikkinchi tartibli hosilalar mos ravishda:

$$\dot{q}_j=\frac{dq_j}{dt}, \ddot{q}_j=\frac{d^2q_j}{dt^2} \quad (j=1,2,\cdots,p) \tag{39.6}$$

(39.6) *umumlashgan tezlik* va *umumlashgan tezlanish* deb ataladi.

40. Umumlashgan koordinatalarda mexanik sistemaning harakat differensial tenglamalari

Dinamikaning umumiy tenglamasidan umumlashgan koordinatalarda sistemaning harakat differensial tenglamalarini keltirib chiqaramiz. Erkinlik darajasi p ga teng bo‘lgan ideal golonomli bo‘shatmaydigan bog‘lanishli n ta nuqtadan iborat mexanik sistemani ko‘ramiz. Sistemaning holatini inersial koordinata o‘qlariga nisbatan $q_j(j=1,2,....,p)$ umumlashgan koordinatalar orqali aniqlab, sistema nuqtalarining koordinata boshiga nisbatan radius-vektorlari ham umumlashgan koordinatlarning funksiyalari ko‘rinishida ifodalaymiz, ya’ni (37.6) formulaga asosan :

$$\bar{r}_k=\bar{r}_k(q_1, q_2, \dots, q_p) \qquad (k=1,2,\dots,n) \tag{40.1}$$

(37.7) tenglamaga asosan yozamiz:

$$\delta\bar{r}_k=\sum_{j=1}^{n}\frac{\partial\bar{r}_k}{\partial q_j}\delta q_j \quad (k=1,2,\dots,n). \tag{40.2}$$

Nuqtalari aktiv kuchlar $\bar{F}_k^{(a)}$ $(k=1,2,...,n)$ ta‘siridagi mexanik sistemaga Dalamber va mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsiplarini qo‘llab, dinamikaning umumiy tenglamasini yozamiz. Ya’ni:

$$\sum_{k=1}^{n}(\bar{F}_k^{(a)}+\bar{\Phi}_k)\cdot\delta\bar{r}_k=0 \tag{40.3}$$

(40.3) tenglamaga (40.2) ni olib kelib qo‘ysak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\sum_{j=1}^{n}\delta q_j\left[\sum_{k=1}^{n}(\bar{F}_k^{(a)}+\bar{\Phi}_k)\right]\cdot\frac{\partial\bar{r}_k}{\partial q_j}=0 \tag{40.4}$$

Agar δq_j oldidagi koeffitsientlar alohida-alohida nolga teng bo‘lsa, ma‘lumki $\delta q_j(j=1,2,....,p)$ har biri o‘zaro bog‘liq bo‘lmay erkin bo‘lgani uchun (46.4) tenglama o‘rinli bo‘ladi. Demak:

$$\sum_{k=1}^{n}(\bar{F}_k^{(a)}+\bar{\Phi}_k)\cdot\frac{\partial\bar{r}_k}{\partial q_j}=0 \quad (j=1,2,\dots,p) \tag{40.5}$$

(40.5) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$\sum_{k=1}^{n}\overline{\Phi}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=-\sum_{k=1}^{n}\overline{F}_k^{(a)}\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\quad (j=1,2,\ldots,p)\tag{40.6}$$

Bu yerda: $\sum_{k=1}^{n}\overline{\Phi}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=-Q_j$ ga teng. (41.9) formulaga asosan:

$$Q_j=\sum_{k=1}^{n}\overline{F}_k^{(a)}\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\quad (j=1,2,\ldots,p)\tag{40.7}$$

Bu yerda Q_J - umumlashgan aktiv kuchlar. (40.6) tenglamaning chap tomonidagi ifoda umumlashga inersiya kuchlarini ifodalaydi. Ya’ni:

$$Q_j^{(ин)}=\sum_{k=1}^{n}\overline{\Phi}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=-\sum_{k=1}^{n}m_k\overline{a}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\quad (j=1,2,\ldots,p)\tag{40.8}$$

(40.7) va (40.8) tenglamalarni (40.6) ga qo‘ysak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$Q_j^{(ин)}=-Q_J\quad (j=1,2,\ldots,p)\tag{40.9}$$

(46.8) tenglamaga ayrim o‘zgartirishlar kiritamiz:

$$\overline{a}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=\ddot{\overline{r}}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=\frac{d}{dt}\left(\dot{\overline{r}}_k\cdot\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\right)-\dot{\overline{r}}_k\cdot\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\right)$$

$$\left(j=1,2,3,\ldots,p\right)$$

(40.10)

Quyidagi tenglik o‘rinli ekanligini isbot qilamiz:

$$\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=\frac{\partial\dot{\overline{r}}_k}{\partial\dot{q}_j};\tag{40.11}$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\right)=\frac{\partial}{\partial q_j}\left(\frac{d\overline{r}_k}{dt}\right)=\frac{\partial\dot{\overline{r}}_k}{\partial q_j};\tag{40.12}$$

Aniqki:

$$\overline{r}_k=\overline{r}_k\left(q_1,q_2,\ldots,q_p\right);$$

$$\dot{\overline{r}}=\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_1}\dot{q}_1+\cdots+\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\dot{q}_j+\cdots+\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_p}\dot{q}_p\tag{40.13}$$

Ko‘paytuvchi $\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}$ $\left(j=1,2,\ldots.,p\right)$ umumlashgan tezlikka bog‘liq bo‘lmay, umumlashgan koordinatalarga bog‘liq bo‘lgani uchun (46.13) tenglamadan shunday xulosaga kelamizki,

$$\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}=\frac{\partial\dot{\overline{r}}_k}{\partial\dot{q}_j};$$

Demak (46.11) tenglama isbotlandi. $\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}$ $\left(j=1,2,\ldots.,p\right)$ ifoda umumlashgan koordinatalarga bog‘liq bo‘lgani uchun quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\right)=\sum_{i=1}^{p}\frac{\partial}{\partial q_i}\left(\frac{\partial\overline{r}_k}{\partial q_j}\right)\cdot\dot{q}_j=\sum_{i=1}^{p}\frac{\partial^2\overline{r}_k}{\partial q_j\partial q_i}\dot{q}_i\tag{40.14}$$

Ikkinchi tomondan:

$$\dot{\bar{r}}_k = \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_i} \dot{q}_i \tag{40.15}$$

Demak,

$$\frac{\partial \dot{\bar{r}}_k}{\partial q_j} = \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial}{\partial q_j}\left(\frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_i}\dot{q}_i\right) = \sum_{i=1}^{p} \frac{\partial^2 \bar{r}_k}{\partial q_j \partial q_i}\dot{q}_i \tag{40.16}$$

(40.14) va (40.15) tenglamalarning o‘ng tomonlarining tengligini e’tiborga olsak, (40.12) ifodaning to‘griligi kelib chiqadi. (40.10) tenglamaga qaytib (40.11) va (40.12) larni qo‘ysak:

$$\bar{a}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_j} = \frac{d}{dt}\left(\dot{\bar{r}}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_j}\right) - \dot{\bar{r}}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_j}$$

yoki

$$\bar{a}_k \cdot \frac{\partial \bar{r}_k}{\partial q_j} = \frac{d}{dt}\left[\frac{\partial}{\partial \dot{q}_j}\left(\frac{\dot{\bar{r}}_k^2}{2}\right)\right] - \frac{\partial}{\partial q_j}\left(\frac{\dot{\bar{r}}_k^2}{2}\right). \tag{40.17}$$

Bu yerda, $\dot{\bar{r}} = \bar{v}_k$ ga teng. (40.17) tenglamani (40.8)ga olib borib qo’ysak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$Q_j^{(in)} = -\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial}{\partial \dot{q}_j}\left(\sum_{k=1}^{n}\frac{m_k v_k^2}{2}\right)\right] + \frac{\partial}{\partial q_j}\left(\sum_{k=1}^{n}\frac{m_k v_k^2}{2}\right). \quad j = 1,2,\ldots,p$$

Bu yerda $T = \sum_{k=1}^{n}\frac{m_k v_k^2}{2}$ sistema kinetik energiyasi bo‘lgani uchun tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi. Ya’ni:

$$Q_j^{(in)} = -\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}\right) + \frac{\partial T}{\partial q_j} \quad (j = 1,2,\ldots,p) \tag{40.18}$$

(40.18) ifodani (46.9) tenglamaga qo‘ysak:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j \quad (j = 1,2,\ldots,p) \tag{40.19}$$

(40.19) tenglama *umumlashgan koordinatalarda mexanik sistemaning differensial tenglamalari yoki Lagranjning II tur differensial tenglamalari deyiladi.*

Tenglamaning afzalligi shundan iboratki, *birinchidan* golonomli mexanik sistema qanday harakat qilmasin, dinamika masalalarini yechish uchun yagona sodda usuldir, *ikkinchidan* (46.19) da keltirilgan tenglamalar soni sistema nuqtalarining soniga bog‘liq bo‘lmay, sistemaning erkinlik darajasiga bog‘liqdir, *uchinchidan,* sistemaga ta‘sir etuvchi kuchlar umumlashgan kuchlar ko‘rinishida berilgan bo‘lib, ularga faqat aktiv kuchlar kiradi. Ideal sistema uchun bog‘lanish reaksiya kuchlari ishtirok etmaydi. Sistemaga ishqalanish kuchi ta‘sir etganda ham ularni aktiv kuchlar qatoriga qo‘shib, Lagranjning II tur differensial tenglamalaridan foydalanib masalalarni yechish mumkin.

Takrorlash uchun savollar

1. Mexanik sistemaning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari qanday aniqlanadi?
2. Mumkin bo‘lgan ko‘chishda kuchning bajargan ishi qanday aniqlanadi?
3. Umumlashgan kuch qanday aniqlanadi?
4. Ideal bog‘lanish shartini tushuntiring.
5. Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipini tushuntiring.
6. Umumlashgan koordinatalar qanday belgilanadi ?
7. Mexanik sistemaning erkinlik darajasi nimani ifodalaydi?
8. Umumlashgan koordinatalarda mexanik sistemaning harakat differensial tenglamalari qanday ko‘rinishda yoziladi?
9. Lagranjning II tur differensial tenglamalarining afzalligi nimalardan iborat?

Ўқитиш шакллари бўйича ажратилган соат

№	Мавзу номи	Умумий юклама	Жами	Маъруза	Амалиёт	Муста қил иш
1.	Механикага кириш. Статиканинг асосий аксиомалари	4	4	2	2	
2	Статика асосий аксиомалари. Боғланиш ва боғланиш реакция кучлари.	4	4	2	2	
3	Кесишувчи кучлар системаси. Кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проекцияси. К.К.С. мувозанати.	6	4	2	2	2
4	Нуқтага ва ўққа нисбатан куч моменти. Жуфт кучлар назарияси. Жуфт куч моменти.Момент вектори.	8	4	2	2	4
5	Кучларни бир марказга келтириш. Текисликда ва фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанат шартлари. Статик аниқ ва статик аниқмас масалалар.Жисмлар системаларининг мувозанати.	8	4	2	2	4
6	Ишқаланиш кучи. Оғирлик маркази.	8	4	2	2	4
7	Нуқта кинематикаси. Ҳаракат қонунининг берилиш усуллари. Харакат конуни вектор ва кординат усулида берилганда нуқтанинг тезлик ва тезланиши.	6	4	2	2	2
8	Ҳаракат қонунини таьбий усулда берилганда нуқтанинг тезлик ва тезланишларни аниқлаш.	6	4	2	2	2
9	Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари. Илгариланмавақаттиқжисмнингқўзғалмасўқатрофидаайланмаҳаракатларидатезликватезланиш.	6	4	2	2	2
10	Нуқтанингмураккабҳаракати.	6	4	2	2	2
11	Кориолистезланиши.Қаттиқжисмнингтекис-параллелҳаракати.Текис шакл нуқтаси тезлиги аниқлашнинг қутб усули.	6	4	2	2	2
12	Қаттиқжисмнингтекис-параллелҳаракати.Тезликлар оний маркази.Текис шакл нуқтасининг тезланишини аниқлаш.	8	4	2	2	4
13	Қаттиқ жисмнинг сферик ҳаракати.	8	4	2	2	4
14	Динамикагакириш. Динамиканинг асосий тушинчалари.	6	4	2	2	2
15	Динамиканинг 1-2 асосий масалалари.Дифференциал тенгламаларини интеграллаш.	8	4	2	2	4
16	Моддий нуқтанинг нисбий харакат динамикаси.	6	4	2	2	2
17	Моддийнуқтанингэркинтебранмаҳаракати. Сўнувчитебранмаҳаракати.	8	4	2	2	4
18	Мажбурийтебранмаҳаракати.Мухит қаршилик кучи бўлган ва бўлмаган холлар.	8	4	2	2	4
19	Механик системагакириш. Инерциямоменти. Массалармаркази. Системамассаси. Гюйгенс-Штейнер теоремаси.Баъзи оддий шаклли жисмларнинг инерция моменти.	6	4	2	2	2
20	Массалармарказиҳаракатиҳақидаги теорема. Моддийнуқтава механик система ҳаракатмиқдорининўзгаришиҳақидаги теорема.Харакат миқдорининг сақланиш қонуни.	6	4	2	2	2
21	Моддийнуқтаҳаракатмиқдормоментинингўзгаришиҳақидагитеорема. Кинетик момент ўзгаришибҳақидаги теорема.Кинетик моментсақланиш қонуни.	8	4	2	2	4
22	Кучнинг иши ва қуввати	6	4	2	2	2
23	Мо2ддийнуқтавамеханиксистемакинетикэнергиясинингўзгаришиҳақидагитеорема.Потенциал энергия.Механик энергия сақланиш қонуни.	8	4	2	2	4
24	Моддийнуқтава механик система учун Даламбер принципи. Боғланишларклассификацияси.	6	4	2	2	2
25	Мумкинбўлганкўчиш. Идиал боғланишлар .Мумкинбўлганкўчишпринципи.	6	4	2	2	2
26	Динамиканинг умумий тенгламасиУмумлашганкоординаталар.Эркинликдаражаси.Умумлашган куч.	6	4	2	2	2
27	Лагранжнинг II-тур дифференциал тенгламалари.Кинетик патенциал циклик координаталар.Концерватив механик система учун Лагранжнинг 2-тур тенгламалари.	8	4	2	2	4
Семестр жами		**180**		**54**	**54**	**72**

Ўқитиш шакллари бўйича ажратилган соат

№	Дарс мавзулари	Умумий юклама	жами	маъруза	Амалиёт	Мустақил иш
1	Механикага кириш. Статиканинг асосий аксиомалари	2	2	2		
2	Боғланиш ва боғланиш реакция кучлари. Кесишувчи кучлар системаси (ККС). Кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проекцияси. ККС мувозанати.	6	6	2	4	
3	Нуқтага ва ўққа нисбатан куч моменти. Кучнинг ўққа нисбатан моменти билан шу ўқда ётувчи нуқтага нисбатан моменти орасидаги муносабат. Жуфт куч. Жуфт куч моментига оид теорема. Жуфт куч моментининг векторлиги.	8	4	2	2	4
4	Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасини бир марказга келтириш. Бош вектор ва бош момент. Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанати. Статик аниқ ва статик ноаниқ масалалар.	8	4	2	2	4
5	Нуқта кинематикаси. Ҳаракат қонунининг берилиш усуллари. Ҳаракат қонунининг берилишига қараб тезлик ва тезланишларни аниқлаш	4	4	2	2	
6	Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари. Илгариланма ва қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофида айланма ҳаракатларида тезли к ва тезланиш.	8	4	2	2	4
7	Қаттиқ жисмнинг текис-параллел ҳаракати.	8	4	2	2	4
8	Нуқтанинг мураккаб ҳаракати. Кориолис тезланиш.	6	4	2	2	2
9	Динамикага кириш. Динамиканинг асосий масалалари.	8	4	2	2	4
10	Моддий нуқтанинг эркин тебранма ҳаракати. Сўнувчи тебранма ҳаракат	6	4	2	2	2
11	Мажбурий тебранма ҳаракат.	6	4	2	2	2
12	Механик системага кириш. Инерция моменти. Массалар маркази. Система массаси. Гюйгенс-Штейнер теоремаси.	8	4	2	2	4
13	Массалар марказининг ҳаракатиҳақидаги теорема. Моддий нуқта ва механик система Ҳаракат миқдорининг ўзгаришиҳақидаги теорема.	6	4	2	2	2
14	Моддий нуқта ҳаракат миқдор моментининг ўзгариши ҳақидаги теорема. Кинетик момент ўзгариши ҳақидаги теорема.	8	4	2	2	4
15	Моддий нуқта ва механик система кинетик энергиясининг ўзгаришиҳақидаги теорема.	6	4	2	2	2
16	Моддий нуқта ва механик система учун Даламбер принципи. Боғланишлар классификацияси.	8	4	2	2	4
17	Мумкин бўлган кўчиш. Умумлашган координаталар. Эркинлик даража. Мумкин бўлган кўчиш принципи.	8	4	2	2	4
18	Лагранжнинг II-тур дифференциал тенгламалари.	6	4	2	2	2
	Жами:	120	72	36	36	48

AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAVZULARI, ASOSIY MATN, TOPSHIRIQLAR, VARIANTLAR, MASALA VA MISOLLAR, KO‘RSATMALAR.

Amaliy mashg‘ulotlar mavzulari, topshiriqlar, masala va misollar

Fanning nazariy qismida o‘tilgan mavzularni mustahkamlash va yaxshi o‘zlashtirish maqsadida amaliy mashg‘ulotlar o‘tkaziladi. Mashg‘ulotlarda I.V.Meshcherskiyning «Nazariy mexanikadan masalalar to‘plami» o‘quv qo‘llanmasidagi masalalar yechiladi va masala yechishga talaba mahoratini oshirish, o‘zlashtirishni joriy nazorat qilib turish maksadida har qaysi amaliy mashg‘ulot darsidan tegishlicha uyga vazifalar beriladi. Dars ko‘rgazma materiallar, bannerlardan va multimedia usullaridan foydalangan holda kalendar reja asosida o‘tkaziladi.

Amaliy mashg‘ulotlarning mavzulari

- Kesishuvchi kuchlar tizimi;
- Kesishuvchi kuchlar tizimi geometrik muvozanat sharti;
- Kesishuvchi kuchlar tizimi analitik muvozanat sharti;
- Tekislikdagi kuchlar tizimi;
- Fazodagi kuchlar tizimi;
- Nuqta kinematikasi;
- Harakat qonunlari berilganda tezlik va tezlanishlarni aniqlash;
- Qattiq jismning qo‘zg‘olmas o‘q atrofida aylanma harakati;
- Tekis parallel harakati,
- Nuqtaning va qattiq jismning murakkab harakati;
- Roriolis tezlanish;
- Dinamikaning ikkita asosiy masalalari;
- Harakat differensial tenglamalarini integrallash;
- Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning so’nuvchi tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning nisbiy harakati;
- Dinamikaning umumiy teoremalari;
- Massalar markazining harakati;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema harakat miqdori;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema harakat miqdor momenti;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema kinetic energiyasi;
- Ish va quvvat;
- Dalamber prinsipi;
- Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi;
- Dinamikaning umumiy tenglamasi;
- Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari;

№	Mashg'ulot turi	Mavzu nomi va yning qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Topshiriqlar
1	Amaliyot	Kesishuvchi kuchlar sistemasining analitik va geometrik muvozanat shartlariga doir masalalar. .	2	**Aud. : 2.7 ; 2.15; 2.19; 6.3.** **Uy vaz. : 2.21; 6.4.**
2	Amaliyot	Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar. .	2	**Aud. : 4.8; 4.11; 4.25: 4.28.** **Uy vaz.:4; 4.27.XGIni ishlash**
3	Amaliyot	Tekislikda biriktirilgan jismlardagi tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash. .	2	**Aud. : 4.34,4.41, 4.35.** **Uy vaz. : 4.42.**
4	Amaliyot	Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar.	2	**Aud. : 8.16, 8.25, 8.19, 8. 28.** **Uy vaz. : 8.14, 8.21.**
5	Amaliyot	Harakat qonuni koordinata usulida berilganda nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.	2	**Aud. : 10.2; 10.12; 12.22,12.25.** **Uy vaz. : 10.19; 12.13.**
6	Amaliyot	Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.	2	**Aud. : 11.4; 12,1;12.7,12.9; 12.11.** **Uy vaz. : 12,8; 12.12.**
7	Amaliyot	Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatida nuqtalarining tezlik va tezlanishini aniqlash .	2	**Aud. : 13.2; 13.5; 13.15; 13.18;14.3.** **Уй ваз:13.6;13.14;.13.17.**
8	Amaliyot	Qattiq jismning tekis-parallel harakatiga doir masalalar yechish	2	**Aud. : 16.11,16.19,16.32,16.34.** **Уй ваз: 16.10, 16.35.**
9	Amaliyot	Nuqtaning murakkab harakatiga doir masalalar yechish.	2	**Aud. : 23.5; 23.27; 23.46, 23,55.** **Uy vaz. : 23.48. XGIni ishlash**
10	Amaliyot	Dinamikaning I va II asosiy masalalari.	2	**Aud. : 26.2; 26.9; 26.16, 27.2; 27.5;** **Uy vaz. : 26.1; 27.7; XGIni ishlash**
11	Amaliyot	Erkin tebranma harakat. So'nuvchi tebranma harakat	2	**Aud. : 32.1, 32.4, 32.16, 32.53, 32.65,32.68.** **Uy vaz. : 32.5,32.16, 32.71.**
12	Amaliyot	Majburiy tebranma harakat	2	**Aud. : 32.80,32.89, 32.90, 32.91.** **Uy vaz. : 32.89.**
13	Amaliyot	Massalar markazi harakati haqidagi teorema. Moddiy nuqta va mexanik sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema .	2	**Aud. : 35.4,35.10, 35.16, , 36.4, 36,8,36.9.** **Uy vaz. : 35.19. 36.7,36.10.**
14	Amaliyot	Moddiy nuqta harakat miqdor momentining o'zgarishi haqidagi teorema. Kinetik moment o'zgarishi haqidagi teorema .	2	**Aud. : 28.4, 37.7, 37.43, 37.50.** **Uy vaz. : 28.8, 37.8.**
15	Amaliyot	Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema.	2	**Aud. : 38.4, 38.20, 38.24, 38.38.** **Uy vaz. : 38.9, 38.42.**
16	Amaliyot	Moddiy nuqtava mexanik sistema kinetik energiyasinin o'zgarishi haqidagi teorema.	2	**Aud. : 47.7, 47.13,38.50.** **Uy vaz. : 47.12.**
17	Amaliyot	Moddiy nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber prinsipi.	2	**Aud. : 41.16, 41.21, 42.4.** **Uy vaz. : 41.17.**
18	Amaliyot	Mumkin bo'lgan ko'chish prinsipi.	2	**Aud. : 46.3, 46.10, 46.29, 46.30.** **Uy vaz. : 46.1, 46.20.**
Jami:			36 soat	

Mashg'ulot turi	Mavzu nomi va yning qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Topshiriqlar
Amaliyot	Kesishuvchi kuchlar sistemasining analitik va geometrik muvozanat shartlariga doir masalalar. .	2	**Aud. : 2.7 ; 2.15; 2.19; 6.3.** **Uy vaz. : 2.21; 6.4.**
Amaliyot	Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar. .	2	**Aud. : 4.8; 4.11; 4.25: 4.28.** **Uy vaz.:4.4; 4.27.XGIni ishlash**
Amaliyot	Tekislikda biriktirilgan jismlardagi tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash. .	2	**Aud. : 4.34,4.41, 4.35.** **Uy vaz. : 4.42, 4.44.**
Amaliyot	Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar.	2	**Aud. : 8.12, 8.16, 8.19, 8. 28.** **Uy vaz. : 8.4, 8.21.**
Amaliyot	Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar.	2	**Aud. : 8.18, 8.25, 8.27, 8. 36.** **Uy vaz. : 8.14, 8.24.**
Amaliyot	O'girlik markazi	**2**	**Aud. : 9.5, 9.7, 9.10, 9.12.** **Uy vaz. : 9.8, 9,9.**
Amaliyot	Harakat qonuni koordinata usulida berilganda nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.	2	**Aud. : 10.2; 10.12; 12.22,12.25.** **Uy vaz. : 10.19; 12.13.**
Amaliyot	Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.	2	**Aud. : 11.4; 12.1;12.7,12.9; 12.11.** **Uy vaz. : 12,8; 12.12.**
Amaliyot	Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatida nuqtalarining tezlik va tezlanishini aniqlash .	2	**Aud. : 13.2; 13.5; 13.15; 13.18;14.3.** **Уй ваз:13.6;13.14;.13.17.**
Amaliyot	Nuqtaning murakkab harakatiga doir masalalar yechish.	2	**Aud. : 23.5, 23.27; 23.30, 23,31.** **Uy vaz. : 23.48. XGIni ishlash**
Amaliyot	Nuqtaning murakkab harakatiga doir masalalar yechish.	2	**Aud. : 23.42; 23.44; 23.48.** **Uy vaz. : 23.41, 23.55.**
Amaliyot	Qattiq jismning tekis-parallel harakatiga doir masalalar yechish	2	**Aud. : 15.2, 15.3, 16.11,16.17.** **Uy vaz. : 16.10, 16.19.**
Amaliyot	Qattiq jismning sferik harakatiga doir masalalar yechish	2	**Aud. :19.1, 19.3,19.9.** **Uy vaz. : 19.2, 19,4.**
Amaliyot	Dinamikaning I va II asosiy masalalari.	**2**	**Aud. : 26.1; 26.9; 26.16, 27.2; 27.5;27.32.** **Uy vaz. : 26.3; 27.7; XGIni ishlash**
Amaliyot	Harakat differensial tenglamalarini integrallash.	**2**	**Aud. : : 26.2; 26.13; 26.15, 27.30.** **Uy vaz. : : 26.10; 27.31.**
Amaliyot	Nisbiy harakat dinamikasi	**2**	**Aud. : 27.38, 27.48, 27.53.** **Uy vaz. : 27.32, 27.54.**
Amaliyot	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatlari.	2	**Aud. : 32.1, 32.4, 32.16, 32.53, 32.65,32.68.** **Uy vaz. : 32.5,32.16, 32.71.**
Amaliyot	Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati.	2	**Aud. : 32.80,32.89, 32.90, 32.91.** **Uy vaz. : 32.89.**
Amaliyot	Massalar markazi harakati haqidagi teorema.	**2**	**Aud. : 35.4,35.10, 35.16, , 36.4, 36,8,36.9.** **Uy vaz. : 35.19. 36.7,36.10.**
Amaliyot	Moddiy nuqta va mexanik sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema	**2**	**Aud. :28.1, 28.2, 28.4, 28.7.** **Uy vaz. : 28.5, 28.9.**
Amaliyot	Moddiy nuqta harakat miqdor momentining o'zgarishi haqidagi teorema. Kinetik moment o'zgarishi haqidagi teorema .	2	**Aud. : 28.4, 37.7, 37.43, 37.50.** **Uy vaz. : 28.8, 37.8.**

Amaliyot	Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiyasining oʻzgarishi haqidagi teorema.	**2**	**Aud. : 38.4, 38.20, 38.24, 38.38.** **Uy vaz. : 38.9, 38.42.**
Amaliyot	Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiyasining oʻzgarishi haqidagi teorema.	**2**	**Aud. : 47.7, 47.13,38.50.** **Uy vaz. : 47.12.**
Amaliyot	Moddiy nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber prinsipi.	2	**Aud. : 41.16, 41.21, 42.4.** **Uy vaz. : 41.17.**
Amaliyot	Mumkin boʻlgan koʻchish prinsipi.	2	**Aud. : 46.3, 46.10, 46.29, 46.30.** **Uy vaz. : 46.1, 46.20.**
Amaliyot	Dinamikaning umumiy tenglamasi	**2**	**Aud. : 47.2, 47.9, 47.12.** **Uy vaz. : 47.5, 47.11.**
Amaliyot	Lagranjning II-tur differensial tenglamalari	2	**Aud. : 48.6, 48.7, 47.5, 48.12.** **Uy vaz. : 48.13, 48.24.**
Jami:		54 soat	

Masala va misollar

1. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar.

1-MASALA.

1-shakldagi oʻqi siniq chiziqdan iborat boʻlgan ACB sterjenning tayanch reaksiya kuchlari aniqlansin.

Berilgan: $P = 4kN, M = 6kN \cdot m,\ q = 3kN/m, \alpha = 30^0, \quad \beta = 60^0,$

$AC = BD = 2\ m, CD = 1m.$

Topish kerak: *A* va *B* tayanchning reaksiya kuchlarini. $R_A = ?\ R_B = ?$

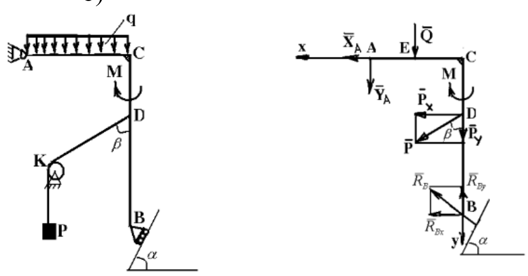
Yechish:

Berilgan kuchlarni shaklda tasvirlaymiz. Kuchlarni tashkil etuv- chilar orqali ifodalaymiz. Kuch intensivligi q boʻlgan taqsimlan- gan kuchlarni teng taʼsir etuvchi kuch bilan almashtiramiz.

$$Q = q \cdot AC = 3 \cdot 2 = 6kN.$$

A nuqtada sterjen qoʻzgʻalmas silindrik sharnir bilan maxkam- langan. Reaksiya kuchining tashkil etuvchilari $\overline{X}_A, \overline{Y}_A$ dan iborat boʻlib, koordinata oʻqlariga parallel yoʻnaladi. *B* tayanch qoʻzgʻaluvchi sharnirdan iborat boʻlib, reaksiyasi $\overline{R}_B$ tiralgan yuzaga perpendikular yoʻnaladi.

a) b)



1-shakl

Tenglamalar soni nomaʼlumlar soniga teng. Masala statik aniq masala. Muvozanat tenglamasini tuzamiz:

1) $\sum_{k=1}^{6} F_{kx} = 0$, $\quad X_A + P\sin\beta + R_B \sin\alpha = 0,$

2) $\sum_{k=1}^{6} F_{ky} = 0$, $\quad Q + Y_A + P\cos\beta - R_B \cos\alpha = 0,$

3) $\sum_{k=1}^{6} m_A(\overline{F}_k) = 0.$ $-Q \cdot AE - M + m_A(\overline{P}) + m_A(\overline{R}_B) = 0.$

$m_A(\overline{P})$ va $m_A(\overline{R}_B)$ larni hisoblash uchun Varinon teorema- sidan foydalanamiz.

$m_A(\overline{P}) = m_A(\overline{P}_x) + m_A(\overline{P}_y) = -P\sin\beta \cdot CD - P \cdot \cos\beta \cdot AC$

$m_A(\overline{R}_B) = m_A(\overline{R}_{Bx}) + m_A(\overline{R}_{By}) = -R_B \sin\alpha (BD + DC) + R_B \cos\alpha \cdot AC$ Qiymatlarni uchinchi tenglamaga olib borib qo'ysak:

$$R_B = \frac{Q \cdot 0{,}5 \cdot AC + P\sin\beta \cdot CD + P\cos\beta \cdot AC + M}{AC\cos\alpha - (BD + DC)\sin\alpha} =$$

$$= \frac{6 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 4 \cdot 0{,}86 \cdot 1 + 4 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 6}{2 \cdot 0{,}86 - 3 \cdot 0{,}5} = 88{,}36\ kN$$

Birinchi tenglamadan X_A ni aniqlaymiz:

$$X_A = -P\sin\beta - R_B \sin\alpha = -4 \cdot 0{,}86 - 88{,}36 \cdot 0{,}5 = -47{,}60 kN$$

Ikkinchi tenglamadan Y_A ni aniqlaymiz:

$$Y_A = R_B \cos\alpha - Q - P\cos\beta = 88{,}36 \cdot 0{,}86 - 6 - 4 \cdot 0{,}5 = 67{,}98\,kN$$

D nuqtaga nisbatan momentni olib yechimlarni tekshiramiz:

$$\sum_{k=1}^{n} m_D(\overline{F}_k) = 0, X_A \cdot DC + Q \cdot 0{,}5AC - M - R_B \sin\alpha \cdot BD + Y_A \cdot AC =$$

$$= -47{,}62 \cdot 1 + 6 \cdot 2 \cdot 0{,}5 - 6 - 88{,}36 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 67{,}98 \cdot 2 = 0{,}0 = 0$$

Demak masala to'g'ri yechilgan.

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{47{,}6^2 + 67{,}98^2} = 83\ kN.$$

Yo'naltiruvchi kosinuslar yordamida $\overline{R}_A$ reaksiya kuchining yo'nalishini aniqlaymiz:

$$\cos(\overline{R}_A;\wedge Ox) = \frac{X_A}{R_A} = \frac{-47{,}6}{83} = -0{,}57,$$

$$(\vec{R}_A;\wedge Ox) = 125^0$$

Javob: $R_A = 83\,kN,\quad R_B = 88{,}36\,kN.$

2-MASALA

To'plama kuch $P = 0{,}6kN,$ intensivliklari $q_1 = 1{,}2kN/m,$ $q_2 = 0{,}8\ kN/m$ bo'lgan taqsimlangan kuchlar va momenti
$M = 12\,kN \cdot m$ bo'lgan juft kuch ta'sirida bo'lgan AB xodaning A qisib mahkamlangan uchidagi reaksiya kuchlari aniqlansin (2-shakl). Berilgan: $a_1 = 3m$; $a_2 = 2m.$

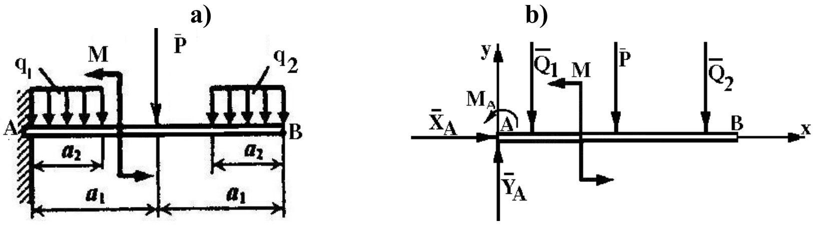
Yechish:

Berilgan kuchlarni shaklda tasvirlaymiz. Kuchlarni tashkil etuvchilari orqali ifodalaymiz. Kuch intensivliklari $q_1\ va\ q_2$ bo'lgan taqsimlangan kuchlarni teng ta'sir etuvchi kuchlar bilan almashtiramiz. Ya'ni:

$$Q_1 = q_1 \cdot a_2 = 1{,}2 \cdot 2 = 2{,}4kN;$$

$$Q_2 = q_2 \cdot a_2 = 0{,}8 \cdot 2 = 1{,}6kN.$$

Xoda *A* nuqtada qisib mahkamlangan bo'lib, reaksiya kuchining tashkil etuvchilari $\overline{X}_A, \overline{Y}_A$ (koordinata o'qlariga parallel yo'nalgan) va aylantiruvchi moment M_A dan iborat.



2-shakl

Tenglamalar soni noma'lumlar soniga teng. Masala statik aniq masala. Muvozanat tenglamasini tuzamiz:

1) $\sum_{k=1}^{7} F_{kx} = 0$, $\quad X_A = 0,$

2) $\sum_{k=1}^{7} F_{ky} = 0$, $\quad -Q_1 - Q_2 + Y_A - P = 0,$

3) $\sum_{k=1}^{7} m_A(\overline{F}_k) = 0.$ $M_A - Q_1 \cdot a_2/2 + M - P \cdot a_1 - Q_2(2a_1 - a_2/2) = 0.$

Tenglamalarni yechib noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. Birinchi tenglamadan X_A ni aniqlaymiz: $X_A = 0$

Ikkinchi tenglamadan Y_A ni aniqlaymiz:

$$Y_A = P + Q_1 + Q_2 = 0{,}6 + 2{,}4 + 1{,}6 = 4{,}6\ kN.$$

Uchinchi tenglamadan M_A ni aniqlaymiz:

$$M_A = Q_1 \cdot a_2/2 - M + P \cdot a_1 + Q_2(2a_1 - a_2/2) =$$
$$= 2{,}4 \cdot 1 - 12 + 0{,}6 \cdot 3 + 1{,}6 \cdot 5 = 2{,}4 + 1{,}8 + 8 - 12 = 0{,}2\, kN \cdot m$$

$$M_A = 0{,}2\, kN \cdot m$$

D nuqtaga nisbatan moment olib yechimlarni tekshiramiz:

$$\sum_{k=1}^{n} m_B(\overline{F}_k) = 0,\ -Y_A \cdot 2a_1 + M_A + M + P \cdot a_1 + Q_1(2a_1 - a_2/2) +$$
$$+ Q_2 \cdot a_2/2 = -4{,}6 \cdot 6 + 0{,}2 + 12 + 0{,}6 \cdot 3 + 2{,}4 \cdot 5 + 1{,}6 =$$
$$= -27{,}6 + 0{,}2 + 12 + 1{,}8 + 12 + 1{,}6 = -27{,}6 + 27{,}6 = 0$$

Demak, masala to'g'ri yechilgan.

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{0^2 + 4{,}6^2} = 4{,}6\ kN.$$

Yo'naltiruvchi kosinuslar yordamida $\overline{R}_A$ reaksiya kuchining yo'nalishini aniqlaymiz:

$$\cos(\overline{R}_A;\wedge Ox) = \frac{X_A}{R_A} = \frac{0}{4{,}6} = 0,$$

$$\cos(\vec{R}_A;\wedge Oy) = \frac{Y_A}{R_A} = \frac{4{,}6}{4{,}6} = 1, \quad (\vec{R}_A;\wedge Oy) = 0^0.$$

$\overline{R}_A$ reaksiya kuchi Oy o'qiga parallel yo'naladi.

Javob:

$M_A = 0{,}2\, kN \cdot m;\ R_A = 4{,}6\, kN$

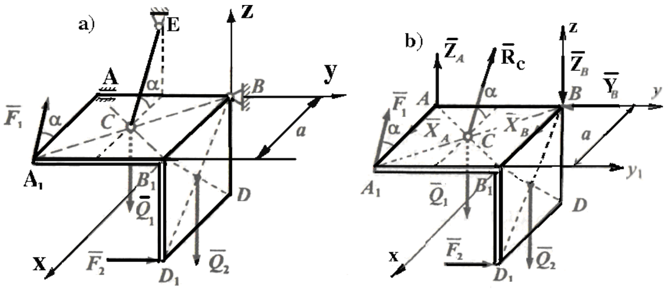
2. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartiga doir masalalar.

3-MASALA.

Qattiq mahkamlangan qurilma ikkita bir xil kvadrat plitalar (ABB_1A_1) va (BB_1D_1D) dan iborat bo'lib, B nuqtasida sferik, A nuqtasida esa silindrik sharnirlar mahkamlangan. CE sterjen muvozanatda ushlab turadi. Qurilmaga aktiv $\overline{F}_1, \overline{F}_2$ kuchlar qo'yilgan. $\overline{Q}_1, \overline{Q}_2$ lar plitalarning og'irligi (3 – shakl, a).

Berilgan kuchlarning qiymatlari quyidagicha:

$F_1 = F_2 = 2\, kN,\ Q_1 = Q_2 = 4\ kN, \alpha = 60^0, \overline{F}_1 \perp By, CE \perp By, \overline{F}_2 \perp By.$ A va B sharnirlardagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



3 -shakl

Echish:

Qattiq mahkamlangan qurilmaning muvozanatini tekshiramiz. Bog'lanishdan ozod qilamiz, ya'ni reaksiya kuchlari bilan almashtiramiz. A nuqtadagi silindrik sharnirni reaksiya kuchi- $\overline{X}_A, \overline{Y}_A$, B sferik sharnirni reaksiya kuchi - $\overline{X}_B, \overline{Y}_B, \overline{Z}_B$, CE стерженнинг реакция кучи - $\overline{R}_c$ ga teng bo'lib, sterjen bo'ylab yo'nalgan (3–shakl,b).Masala statik aniq bo'lib, 6 ta muvozanat tenglama yordamida noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

$$1.\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0, \quad X_A + X_B - F_1\cos\alpha - R_c\cos\alpha = 0,$$

$$2.\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0, \quad F_2 - Y_B = 0,$$

$$3.\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0, \quad Z_A - Z_B + R_c\sin\alpha - Q_1 - Q_2 + F_1\sin\alpha = 0,$$

$$4.\sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k\right) = 0, \; F_2\cdot a + Q_1\cdot 0{,}5a - R_c\sin\alpha\cdot 0{,}5a + Z_A\cdot a = 0$$

$$5.\sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k\right) = 0, \; -R_c\sin\alpha\cdot 0{,}5a - F_1\sin\alpha\cdot a + Q_1\cdot 0{,}5a + Q_2\cdot 0{,}5a = 0$$

$$6.\sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{F}_k\right) = 0, \; X_A\cdot a - F_1\cos\alpha\cdot a - R_c\cos\alpha\cdot 0{,}5a + F_2\cdot a = 0$$

2) tenglamadan Y_B ni aniqlaymiz: $Y_B = F_2 = 2kN$. 5) tenglamadan R_c ni aniqlaymiz:
$R_c = \dfrac{Q_1\cdot 0{,}5 + Q_2\cdot 0{,}5 - F_1\sin\alpha}{0{,}5\sin\alpha} = \dfrac{0{,}5\cdot 4 + 0{,}5\cdot 4 - 2\cdot 0{,}866}{0{,}5\cdot 0{,}866} = 5{,}24kN.$ 4) tenglamadan Z_A ni aniqlaymiz:

$Z_A = F_2 + Q_1\cdot O{,}5 - R_c\cdot 0{,}5\sin\alpha - F_1\sin\alpha = 2 + 4\cdot 0{,}5 -$
$-5{,}24\cdot 0{,}5\cdot 0{,}866 - 2\cdot 0{,}866 = 0$

6) tenglamadan X_A ni aniqlaymiz:

$X_A = F_1\cos\alpha + R_c\cdot 0{,}5\cos\alpha - F_2 = 2\cdot 0{,}5 + 5{,}238\cdot 0{,}5\cdot 0{,}5 -$
$-2 = 0{,}31kN.$

(3) tenglamadan Z_B ни аниқлаймиз:

$Z_B = Z_A + R_c\sin\alpha - Q_1 - Q_2 + F_1\sin\alpha = 0{,}536 + 5{,}24\cdot 0{,}866 -$
$-4 - 4 + 2\cdot 0{,}866 = -1{,}73kN.$

1) tenglamadan X_B ni aniqlaymiz:

$X_B = F_1\cos\alpha + R_c\cos\alpha - X_A = 2\cdot 0{,}5 + 5{,}24\cdot 0{,}5 -$
$-0{,}31 = 3{,}31kN.$

yechimlarining to'g'riligini tekshirish uchun boshqa B_1y_1 o'qiga nisbatan momentni hisoblaymiz:

$$\sum_{k=1}^{n} m_{y_1}\left(\overline{F}_k\right) = 0, -Q_1 \cdot 0{,}5a - Q_2 \cdot 0{,}5a - Z_B \cdot a + R_c \sin\alpha \cdot 0{,}5a +$$

$$+ Z_A \cdot a = -4 \cdot 0{,}5 - 4 \cdot 0{,}5 - (-1{,}73) + 5{,}24 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}866 = 0$$

$$0 = 0$$

Javoblar:

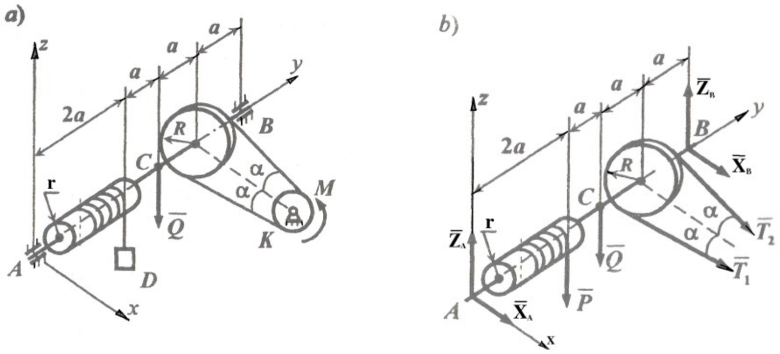
$X_A = 0{,}31kN,\ X_B = 3{,}31\,kN,\ Z_A = 0,\ Y_B = 2kN,$

$Z_B = -1{,}73\,kN,\ R_c = 5{,}24\ kN.$

$\overline{Z}_B$ ning qiymati oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

4-MASALA.

Ko‘taruvchi mashinaning barabaniga arqon o‘ralgan bo‘lib uchiga P=16 kN og‘irlikdagi yuk osilgan. K shkivning tasmali uzatmasiga momenti M bo‘lgan juft kuch qo‘yilgan bo‘lib u AB ni muvozanatda ushlab turadi. A va B podshipniklarning



4-shakl

reaksiya kuchlari va tasmalarning tortilish kuchlari T_1 va T_2 lar aniqlansin $(T_1 = 2T_2)$, $R = 0{,}3m,\ r = 0{,}15\ m, \alpha = 30^0.$ Shkiv va baraban bilan birgalikda valning og‘irligi $Q = 6kN$ (4- shakl, a).

Quyidagilar berilgan:

$P = 16\ kN, T_1 = 2T_2, R = 0{,}3m,\ r = 0{,}15\ m, \alpha = 30^0, Q = 6kN.$

Echish:

Shkiv va baraban bilan birgalikda AB valning muvozanatini tekshiramiz (4- shakl, b).

Val A va B nuqtalarida silindrik sharnirlar bilan bog‘langan bo‘lib, reaksiya kuchlarining tashkil etuvchilari koordinata o‘qlariga parallel yo‘nalgan bo‘lib, $\overline{X}_A, \overline{Z}_A$ va $\overline{X}_B, \overline{Z}_B$. Valga $\overline{P}, \overline{Q}, \overline{T}_1, \overline{T}_2$ aktiv kuchlar qo‘yilgan.

Masala statik aniq masala bo‘lib, noma'lumlar soni tenglamalar soniga tengdir.

Muvozanat tenglama tuzamiz:

$$1.\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0\,, \quad X_A + X_B + T_1\cos\alpha + T_2\cos\alpha = 0,$$

$$2.\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0\,, \quad 0 = 0,$$

$$3.\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0\,, \quad Z_A + Z_B + T_1\sin\alpha - P - Q - T_2\sin\alpha = 0,$$

$$4.\sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k\right)=0\,,\; Z_B\cdot 5a-Q\cdot 3a+T_1\sin\alpha\cdot 4a-T_2\sin\alpha\cdot 4a-P\cdot 2a=0$$

$$5.\sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k\right)=0\,,\;\; P\cdot r-T_1\cdot R+T_2\cdot R=0$$

$$6.\sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{F}_k\right)=0\,,\; -X_B\cdot 5a-T_1\cos\alpha\cdot 4a-T_2\cos\alpha\cdot 4a=0$$

Tenglamalarni yechib noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. 5 - tenglamadan $T_1=T_2$ ni e'tiborga olgan holda tasmalardagi tortilish kuchlarini aniqlaymiz:

$$T_2=\frac{P\cdot r}{R}=\frac{16\cdot 0{,}15}{0{,}3}=8\,kN,\quad T_1=16\,kN.$$

(6) tenglamadan X_B ni aniqlaymiz:

$$X_B=\frac{-T_2\cdot 4\cdot\cos\alpha-T_1\cdot 4\cdot\cos\alpha}{5}=$$
$$=\frac{-(8\cdot 4+16\cdot 4)\cdot 0{,}866}{5}=-16{,}63\;kN.$$

(4) tenglamadan Z_B ni aniqlaymiz:

$$Z_B=\frac{-T_1\cdot 4\cdot\sin\alpha+T_2\cdot 4\cdot\sin\alpha+Q\cdot 3+P\cdot 2}{5}=$$
$$=\frac{-16\cdot 4\cdot 0{,}5+8\cdot 4\cdot 0{,}5+6\cdot 3+16\cdot 2}{5}=6{,}8\;kN.$$

(3) tenglamadan Z_A teng :

$$Z_A=-Z_B-T_1\sin\alpha+P+Q+T_2\sin\alpha=$$
$$=16+6-6{,}8-16\cdot 0{,}5+8\cdot 0{,}5=11{,}2\;kN.$$

(1) tenglamadan X_A ni aniqlaymiz:

$$X_A=-X_B-T_1\cos\alpha-T_2\cos\alpha=$$
$$=-(-16{,}63)-16\cdot 0{,}866=4{,}15kN.$$

Javoblar:

$$X_A=-4{,}15\;kN,\;Z_A=11{,}2\;kN,\;\;X_B=-16{,}63\,kN,$$
$$Z_B=6{,}8\;kN,\;T_1=2T_2=16\;kN.$$

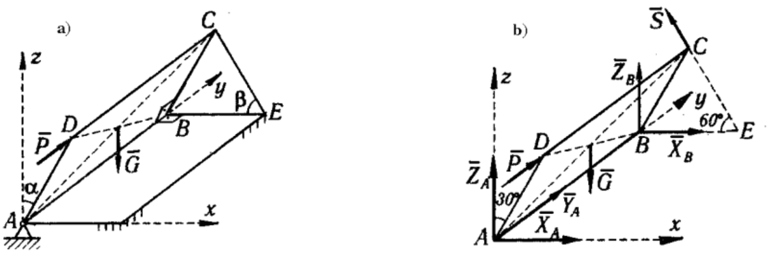
$\overline{X}_A,\overline{X}_B$ larning qiymati oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

5 -MASALA.

Berilgan:

ABCD ramaning og‘irligi $G=1kN,\;P=2kN,\;\overline{P}\uparrow\downarrow Ay,$

$AD=BC=60\;sm,\quad AB=CD=100\;sm,\alpha=30^0,\;\beta=60^0$ (5-shakl , a).



5-shakl

A, B, C bog‘lanishlardagi reaksiya kuchlari aniqlansin.

Echish:

ABCD ramaga og‘irlik kuchi $\overline{G}$, kuch $\overline{P}$, CE sterjenning reaksiya kuchi $\overline{S}$, A va B tayanchdagi reaksiya kuchlari qo‘yilgan. A sharnirning reaksiya kuchlari $\overline{X}_A,\overline{Y}_A,\overline{Z}_A$,

B sharnir esa $\overline{X}_B, \overline{Y}_B$ tashkil etuvchilardan iborat
(5-shakl,b). Noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlash uchun muvozanat tenglama tuzamiz:

$$1.\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0, \quad X_A + X_B - S\cos 60^0 = 0,$$

$$2.\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0, \quad Y_A + P = 0,$$

$$3.\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0, \quad Z_A + Z_B - G + S\cos 30^0 = 0,$$

$$4.\sum_{k=1}^{n} m_x(\overline{F}_k) = 0, \; Z_B \cdot AB - P \cdot AD\cos 30^0 - G \cdot AB/2 + S\cos 30^0 AB = 0$$

$$5.\sum_{k=1}^{n} m_y(\overline{F}_k) = 0, \; G \cdot (BC/2)\sin 30^0 - S \cdot BC\sin 60^0 = 0$$

$$6.\sum_{k=1}^{n} m_z(\overline{F}_k) = 0, \; -X_B \cdot AB + P \cdot AD\sin 30^0 + S\cos 60^0 AB = 0$$

(5) tenglamadan:

$$S = \frac{1 \cdot 30 \cdot 0{,}5}{60 \cdot 0{,}866} = \frac{15}{51{,}96} = 0{,}289\, kN$$

(6) tenglamadan:

$$X_B = \frac{P \cdot AD\sin 30^0 + S\cos 60^0 AB}{AB} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 0{,}5 + 0{,}289 \cdot 0{,}5 \cdot 100}{100} = 0{,}744\, kN$$

(4) tenglamadan :

$$Z_B = \frac{P \cdot AD\cos 30^0 + G \cdot AB/2 - S\cos 30^0 AB}{AB} =$$

$$= \frac{2 \cdot 60 \cdot 0{,}866 + 1 \cdot 50 - 0{,}289 \cdot 0{,}866 \cdot 100}{100} = \frac{153{,}92 - 25{,}02}{100} = 1{,}29\, kN$$

(1) tenglamadan:

$$X_A = -X_B + S\cos 60^0 = -0{,}744 + 0{,}289 \cdot 0{,}5 = -0{,}599\, kN.$$

(2) tenglamadan:

$$Y_A = -P = -2\, kN.$$

(3) tenglamadan:

$$Z_A = -Z_B + G - S\cos 30^0 = -1{,}29 + 1 - 0{,}289 \cdot 0{,}866 = -0{,}54\, kN.$$

Javoblar:

$S = 0{,}289\; kN;\; X_A = -0{,}599\, kN;\, Y_A = -2\, kN;\;\, Z_A = -0{,}54\, kN;$

$X_B = 0{,}744;\, Z_B = 1{,}29\, kN.$

Kuchlar oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

3. Nuqtaning murakkab harakatiga doir masalalar .

6-MASALA

6-shaklda berilgan mexanizmda

$$O_1A = O_2B = 20\; sm;\, R = 16\, sm;$$

$$\varphi = \frac{5}{48}\pi t^3 rad;\; s_r = AM = \pi t^2\; sm;\; t_1 = 2\, sek.$$

Nuqtaning mutlaq tezligini va mutlaq tezlanishini toping.

Yechish:

D jism va M nuqtaning berilgan vaqtdagi holatini aniqlaymiz. D jismning holati φ burchak bilan aniqlanadi . $t = 2\, sek.$da teng: $\varphi = \frac{5}{48}\pi \cdot 2^3 = \frac{5}{6}\pi\; rad.$

M nuqtaning D jismdagi holatini $\alpha = s_r/R$ burchak bilan aniqla -nadi , $t = 2\, sek.$ da teng:

$$\alpha = \frac{\pi \cdot 2^3}{16} = \frac{\pi}{4} rad.$$

D jism va M nuqtaning holati 7-shaklda keltirilgan.

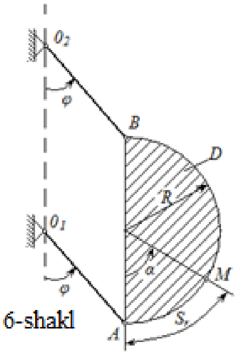
M nuqtaning mutlaq tezligi , uning nisbiy va ko‘chirma harakat tezliklarining geometrik yig‘indisiga teng:

$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r \qquad (1)$$

M nuqtaning nisbiy tezligi moduli quyidagi formuladan aniqlanadi:

$v_r = \dfrac{ds_r}{dt} = 2\pi t$, bo‘lib $t = 2\,sek.$da $v_r = 2\pi \cdot 2 = 4\pi = 12{,}6\,sm/sek.$

Demak: $v_r = 12{,}6\ sm/sek.$



6-shakl

v_r ning musbat ishorali ekanligi, nuqtaning nisbiy harakati s_r o‘qning musbat yo‘nalishi bo‘yicha ekanligini ko‘rsatadi.Nisbiy tezlik vektori 7-shaklda ko‘rsatilgan.

Ko‘chirma tezlikni aniqlaymiz :

$$v_e = v_A, \ v_A = O_1A \cdot \omega$$

ω burchak tezlik O_1A zvenoning burchak tezligi moduli bo‘lib, quyidagicha hisoblanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{5}{16} t^2 \ sek^{-1}.$$

$t = 2\,sek.$da $\qquad \omega = \dfrac{5}{4}\pi \ sek^{-1}.$

ω ning musbat ishorasi shuni ko‘rsatadiki, O_1A zvenoning aylanishi φ burchakning o‘sishi tomonga bo‘ladi.

Ko‘chirma tezlik moduli

$$v_e = v_A = 20 \cdot \frac{5}{4}\pi = 25\pi = 78{,}5 \ sm/sek.$$

$\bar{v}_e$ vektor O_1A zvenoga perpendikular ravishda, uning aylanish tomoniga yo‘naladi. M nuqtaning mutlaq tezligini koordinat o‘qlariga proyeksiyalash orqali aniqlaymiz.

7–shaklga asosan (1) ifodani koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak:

$$v_x = v_r \cos 45^0 - v_e \cos 30^0; \qquad (2)$$
$$v_y = v_r \cos 45^0 + v_e \cos 60^0$$

(2) kelib chiqadi.

Natijada : $v_x = -59{,}1\,sm/sek;\ v_y = 48{,}2\ sm/sek;$

(2) ning qiymatlarini formulaga qo‘yib, mutlaq tezlikni aniqlaymiz:

$$v_a = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 76{,}3\ sm/sek. \qquad (3)$$

Ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lgan holda nuqtaning mutlaq tezlanishi uning nisbiy va ko‘chirma tezlanishlarining geometrik yig‘indisidan iborat:

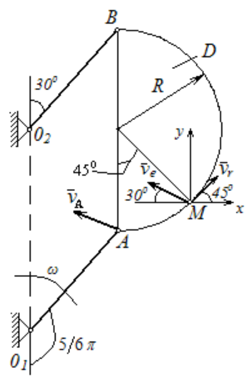
$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r \quad \text{yoki} \quad \bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau} \qquad (4)$$

Nisbiy tezlanishning urinma tashkil etuvchisining moduli teng:

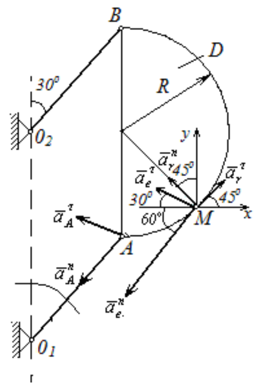
$$a_r^\tau = \frac{dv_r}{dt} = \frac{d^2 s_r}{dt^2}$$

Ko‘rilayotgan holda : $a_r^\tau = 2\pi = 6{,}28\ sm/sek^2.$

$$a_r^\tau = 6{,}28\ sm/sek^2.$$



7-shakl.



8-shakl.

a_r^τ ning musbat ishorasi $\bar{a}_r^\tau$ vektori $\bar{v}_r$ (nisbiy harakat tezligi) kabi s_r o‘qning musbat tomoniga yo‘nalgan ekanligini ko‘rsatadi (8-shakl).

Nisbiy tezlanishning normal tashkil etuvchisi teng :

$$a_r^n = \frac{v^2{}_r}{R} = \frac{16\pi^2}{16} = \pi^2 = 9{,}87\ sm/sek^2.$$

$\bar{a}_r^n$ vektori radius bo‘ylab M nuqtaning nisbiy harakat trayekto- riyasining egrilik markazi tomon yo‘naladi.

$$\bar{a}_e^\tau = \bar{a}_A^\tau\ ;\quad a_A^\tau = O_1A\cdot\varepsilon$$

ε - O_1A zvenoning burchak tezlanishi bo‘lib, uning algebraik qiymati teng: $\varepsilon = \dfrac{d^2\varphi}{dt^2}$

Ko‘rilayotgan holda,

$$\varepsilon = \frac{5}{8}\pi t = \frac{5}{4}\pi = 3{,}93\,sek.^{-2}$$

ω va ε kattaliklarning ishoralari bir xil ekanligi D jismning aylanma harakati tezlanuvchan ekanligini ko‘rsatadi.

$$\varepsilon = 3{,}93 sek.^{-2}$$

$a_A^\tau = O_1A\cdot\varepsilon$ ifodadan $a_e^\tau = 79\ sm/sek.^{-2}$ ga teng.

$\bar{a}_e^\tau$ ning yo‘nalishi $\bar{a}_A^\tau$ yo‘nalishi bilan mos bo‘ladi (8 -shakl).

Ko‘chirma tezlanishning markazga intilma tashkil etuvchisi

$$a_e^n = a_A^n = O_1A\cdot\omega^2 = 20\cdot\frac{25}{16}\pi^2 = 31{,}25\pi^2 = 308\ sm/sek^2.$$

$\bar{a}_A^n$ vektori A dan O_1 tomon yo‘naladi, $\bar{a}_e^n$ u bilan bir xil yo‘nalishda bo‘ladi.

(4) dan mutlaq tezlanishning moduli proeksiyalash usuli bilan aniqlanadi:

$$a_{ax} = \left(a_{r\tau} - a_{rn}\right)\cos 45^0 - a_e^\tau\cos 30^0 - a_e^n\cos 60^0;$$

$$a_{ay} = \left(a_{r\tau} + a_{rn}\right)\cos 45^0 + a_e^\tau\cos 60^0 - a_e^n\cos 30^0$$

Hisoblashlar natijasida kelib chiqadi.

$$a_{ax} = -225\ sm/sek^2;$$

$$a_{ay} = -216\ sm/sek^2;$$

$$a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2} = 312\ sm/sek.^2$$

7-MASALA.

O‘ng tomonga gorizontal bo‘ylab $a_e = 0{,}492\,m/sek.^2$ tezlanish bilan harakat qiluvchi aravachaga elektr motori o‘rnatilgan; uning rotori harakatga keltirish vaqtida $\varphi = t^2$ tenglamaga muvofiq aylanadi, bunda φ burchak radianlar bilan o‘lchanadi. Rotorning radiusi 0,2 m ga teng.

Rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning $t = 1sek.$ bo‘lgandagi mutlaq tezlanishi aniqlansin. Shu paytda A nuqta
9-shaklda ko‘rsatilgan holda turadi.

Yechish:

Aravachaning harakati ko‘chirma harakat bo‘lib,u ilgarilanma harakatdan iboratdir. Rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning mutlaq tezlanishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_r + \bar{a}_e \qquad (1)$$

Bu yerda $\bar{a}_r -$rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning nisbiy harakat tezlanishi. Rotor harakati aylanma harakatdan iborat bo‘lgani uchun nisbiy harakat tezlanishi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau \qquad (2)$$

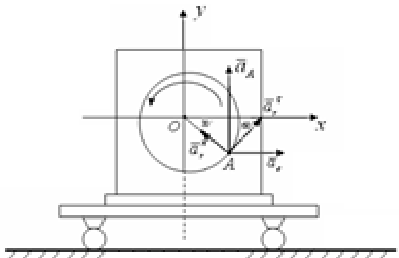
(2) tenglamani (1) ga olib borib qo‘ysak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_e \qquad (3)$$

(3) tenglama rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning mutlaq tezlanishining vektor ifodasi.
Tezlanishlarning modulini aniqlaymiz.

Bu yerda: $\bar{a}_r^n -$nisbiy harakatning normal tezlanishi;

$\bar{a}_r^\tau -$nisbiy harakatning urinma tezlanishi;


9-shakl

Qiymatlarini aniqlaymiz:

$$a_r^n = \omega^2 \cdot OA = 2^2 \cdot 0{,}2 = 4 \cdot 0{,}2 = 0{,}8\, m/sek.^2$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2t; \quad t = 1sek.da \quad \omega = 2\,sek.^{-1}$$

$$a_r^\tau = \varepsilon \cdot OA = 2 \cdot 0{,}2 = 0{,}4\, m/sek.^2$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2\,sek.^{-2}$$

Tezlanishlarning yo‘nalishi 9-shaklda tasvirlangan.
(3) ifodani koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$a_{ay} = a_r^\tau \cos 30^0 + a_r^n \cos 60^0 = 0{,}4 + 0{,}376 = 0{,}746 \frac{m}{sek.^2} \qquad (5)$$

$$a_{ax} = a_r^\tau \cos 60^0 - a_r^n \cos 30^0 + a_e = 0{,}2 - 0{,}692 + 0{,}492 = 0$$

(5) tenglama mutlaq tezlanishning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini ifodolaydi.

Ko‘rinib turibdiki, mutlaq tezlanishning Ox o‘qidagi proyeksiyasi nolga teng эkan. Demak, u Oy o‘qiga parallel yo‘naladi. Rotor to‘g‘inidagi A nuqta mutlaq tezlanishining qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi: $a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2} = \sqrt{0 + (0{,}746)^2} = 0{,}746\, m/sek.^2$

Javob: $a_a = 0{,}746\, m/sek.^2$

8-MASALA.

D halqa AB vertikal o‘q atrofida $\varphi_e = 3t^2 - t$ qonuniga muvofiq aylanadi. Halqa ichida $S_r = 20\pi \sin \pi/3t$ sm qonuniga muvofiq M nuqta harakatlanadi (10-shakl); bu yerda $s_r = OM$ Vaqtning $t = 1/2\, sek$. paytida M nuqtaning mutlaq tezlik va mutlaq tezlanishi topilsin. $R = 30\ sm,\ a = 20\ sm.$

Yechish. $Oxyz$ qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasini halqa bilan bog‘laymiz, shu bilan birga Oy va Oz o‘qlarini halqa tekisligida olamiz , Ox o‘qini esa tik yo‘naltiramiz.

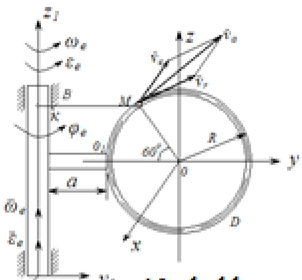
$Ax_1y_1z_1$ qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasi. Vaqtning $t = 1/2\, sek.$ berilgan paytida halqa tekisligi koordinata tekisligiga to‘g‘ri keladi deb faraz qilamiz. Masalaning shartidan ko‘ramizki, qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasi qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasiga nisbatan Az_1 o‘q atrofida aylanadi. Demak, ko‘chirma harakat $\varphi_e = 3t^2 - t$ qonuniga muvofiq, aylanma harakatdir. M nuqtaning nisbiy harakati aylana yoyi bo‘ylab $S_r = 20\pi \sin\frac{\pi}{3}t$ qonuniga muvofiq egri chiziqli harakatdir.

Nuqtaning mutlaq tezligini aniqlash

(1.1) formuladan ma’lumki, nuqtaning $\bar{v}_a$ mutlaq tezligi $\bar{v}_e$ ko‘chirma va $\bar{v}_r$ nisbiy tezliklarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r$$

1. $t = 1/2\ sek.$ paytida M nuqtaning holatini aniqlash.



10-shakl

$t = 1/2\ sek.$ bo‘lganda $S_r = 20\pi \cdot \sin\frac{\pi}{6} = 20\pi \cdot 0{,}5 = 10\pi\ sm$.

$< O_1OM = \frac{S}{R} = \frac{10\pi}{30} = \frac{\pi}{3}$ rad ; $< O_1OM = 60^0$.

2. M nuqtaning nisbiy tezligini aniqlash.

$v_r = \frac{dS_r}{dt} = \frac{20\pi^2}{3} \cdot \cos\frac{\pi}{3}t$; $\quad t = 1/2\ sek.$ bo‘lganda

$v_r = \frac{20\pi^2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{10\pi^2\sqrt{3}}{3}\ sm/sek.$

v_r kattalikning ishorasi musbat, demak $\bar{v}_r$ vektor S_r ning oshish tomoniga qarab yo‘nalgandir. Vektor $\bar{v}_r \perp OM$ ga.

3. ω_e ko‘chirma burchak tezligi va ε_e ko‘chirma burchak tezlanishini aniqlash

$\omega_e = \frac{d\varphi_e}{dt} = 6t - 1$; vaqt $\quad t = 1/2\ sek.$ bo‘lganda $\omega_e = 2\,sek.^{-1}$ $\quad \varepsilon_e = \frac{d\omega_e}{dt} = 6\,sek.^{-2}$

ω_e va ε_e larning ishoralari bir xil bo‘lgani uchun, berilgan paytda halqaning aylanishi tezlanuvchan va $\bar{\omega}_e$, $\bar{\varepsilon}_e$ vektorlari bir tomonga yo‘nalgan, shu bilan birga aylanma harakat Az_1, o‘q atrofida soat strelkasi harakat yo‘nalishiga qarama-qarshidir

***M* nuqtaning ko‘chirma tezligini aniqlash**

M nuqtaning $\bar{v}_e$ ko‘chirma tezligi, shu paytda M nuqtaga to‘g‘ri keladigan, Az_1 o‘q atrofida aylanadigan halqa nuqtasining tezligiga teng bo‘ladi.

$$v_e = \omega_e \cdot MK, \quad MK = (a+R) - R\cos 60^0 = a + \frac{R}{2}; \quad MK = 35sm$$

$$v_e = 2 \cdot 35 = 70\,sm/sek.$$

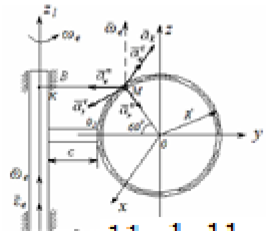
$\bar{v}_e$ vektor Ax_1 o‘qining yo‘nalishiga qarama-qarshi bo‘lib, shakl tekisligiga tik yo‘nalgan.

$\bar{v}_r$ va $\bar{v}_e$ vektorlar o‘zaro tik bo‘lgani uchun, mutlaq tezlikning modulini $v_a = \sqrt{v_r^{\,2} + v_e^{\,2}}$ formuladan topamiz:

$$v_a = \sqrt{\frac{100\pi^4}{3} + 4900} = \sqrt{8140} \approx 90\ sm/sek.$$

$$v_a \approx 90\ sm/sek.$$

***M* nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash**



11-shakl.

Ko‘chirma harakat (halqa bilan birgalikdagi harakat) aylanma bo‘lgani uchun, M nuqtaning $\bar{a}_a$ mutlaq tezlanishi $\bar{a}_e$ ko‘chirma, $\bar{a}_r$ nisbiy va $\bar{a}_к$ Koriolis tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к$$

Tezlanishlarni tashkil etuvchlari orqali ifodalasak:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau} + \bar{a}_к \qquad (1)$$

M nuqtaning ko‘chirma tezlanishi, shu paytda M nuqtaga to‘qri keladigan, Az_1 o‘q atrofida aylanadigan halqa nuqtasining tezlanishiga teng bo‘ladi.

Ko‘chirma normal tezlanishning moduli quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$a_e^n = \omega_e^2 \cdot MK = 4 \cdot 35 = 140\ sm/sek.^2$$

$\bar{a}_e^{\ n}$ vektor MK aylanish radiusi bo‘ylab yo‘nalgan (11-shakl).

Ko‘chirma urinma tezlanishning moduli quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$a_e^\tau = \varepsilon_e \cdot MK = 6 \cdot 35 = 210\ sm/sek.^2$$ bo‘ladi.

Vektor Ax_1 o‘qi yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan.

Nisbiy normal tezlanishning moduli teng: $a_r^n = \dfrac{v_r^2}{R} = \dfrac{100\pi^4}{3 \cdot 30} = 108\ sm/sek.^2$

a_r^n vektor halqa radiusi MO bo‘ylab yo‘nalgan.

Nisbiy urinma tezlanishning moduli teng. $a_r^\tau = \dfrac{dv_r}{dt} = -\dfrac{20\pi^3}{9}\sin\dfrac{\pi}{3}t$; Vaqt $t = 1/2\ sek.$

bo‘lganda a_r^τ ning manfiy ishorasi shuni ko‘rsatadiki, a_r^τ vektor S_r ning kamayish tomonga halqaning MO radiusiga tik, ya’ni $\bar{v}_r$ vektor -ning yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgandir.

Koriolis tezlanishini aniqlaymiz.

Vektor ifodasi: $\bar{a}_\kappa = 2(\bar{\omega}_e \times \bar{v}_r)$

Moduli teng: $a_\kappa = 2\omega_e v_r \sin(\bar{\omega}_e \wedge \bar{v}_r)$

$\bar{\omega}_e$ va $\bar{v}_r$ vektorlar orasidagi burchak 60º ga teng, shuning uchun:

$$a_k = 2\,\omega_e v_r \sin 60^0 = 2 \cdot 2 \cdot \frac{10\pi^2\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 20\pi^2\ sm/sek.^2$$

$$a_k = 197\ sm/sek.^2$$

$\bar{a}_\kappa$ vektorning yo‘nalishini aniqlash uchun, $\bar{v}_r$ vektorni $\bar{\omega}_e$ ga tik bo‘lgan tekislikka proyeksiyalab, shu proyeksiyani ko‘chirma aylanma harakat yo‘nalishida 90º ga burish kerak. $\bar{a}_\kappa$ vektor Ax_1 o‘qiga qarama-qarshi yo‘nalgandir.

Mutlaq tezlanishning modulini aniqlash uchun (1) tenglikni Ax_1, Ay_1, Az_1 o‘qlariga proyeksiyalab, quyidagilarni hosil qilamiz.

$a_{ax} = -a_e^\tau - a_k = -(210 + 197) = -407\ sm/sek.^2$;

$a_{ay} = a_k + a_r^n \cos 60^0 - a_r^\tau \cos 30^0 = -116\ sm/sek.^2$;

$a_{az} = -a_r^n \cos 30^0 - a_r^\tau \cos 60^0 = -110\ sm/sek.^2$

M nuqtaning mutlaq tezlanish moduli teng:

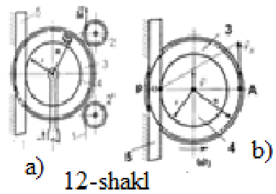
$$a_a = \sqrt{a_{ax} + a_{ay} + a_{az}} = 437\ sm/sek.^2$$

$$a_a = 437\ sm/sek.^2$$

Qattiq jismning tekis-parallel harakatiga doir masalalar.

9- MASALA.

Burg‘ulash stanogining uzatish mexanizimi $2, 2'.3$ -tishli g‘ildiraklar orqali o‘tuvchi 1-zanjir vositasida harakatga keltiriladi (12-**a** shakl), 3-tishli g‘ildirak, 5-reyka bo‘yicha dumalovchi 4-g‘ildirak bilan tutashgan zanjir tezligi u, 3-tishli g‘ildirak radusi R va 4-g‘ildirak radiusi r bo‘lsa, burg‘ulash stanogi tezligi va 3-tishli g‘ildirak burchak tezligi aniqlansin



12-shakl

Yechish.

Malumki, zanjirli uzatmadagi yetaklanuvchi tishli g‘ildirak- ning burchak tezligi, zanjir tezligi o‘zgarmas bo‘lgan taqdirda ham ω_3 o‘zgaruvchi kattalikdir, lekin uzatmaning konstruktiv parametrlari (tishlar soni, zanjir qadami va boshqalar) ni tan- lashda ba’zi tavsiyalarga amal qilinsa, burchak tezligining o‘zgarishini 1 – 2% gacha bo‘lishiga erishish mumkin . Ko‘rilayotgan masalada zanjir tezligi kichik bo‘lgan holda 3-tishli g‘ildirak , 4-g‘ildirak hamda burg‘ulash asbobi tezligi v ning tebranishini hisobga olmasak ham bo‘ladi va tishli g‘ildi- rakning A nuqtasi tezligini zanjirning u tezligiga teng deb qarash mumkin (12-b shakl).

4-g‘ildirak bilan qo‘zgalmas reyka tegishib turgan nuqtasi - 3,4 –zveno uchun tezliklar oniy markazi bo‘ladi, shuning uchun 3-tishli g‘ildirakning burchak tezligi teng:

$$\omega_3 = v_A / l_{P_{4,5}A} = u/(R+r)\,. \quad (1)$$

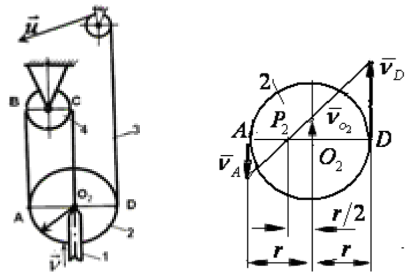
G‘ildirak markazi tezligi, ya’ni burg‘ulash asbobi tezligi teng:

$$v = r\omega_3 = ru/(R+r) \quad (2)$$

Javob : $v = ru/(R+r);\quad \omega_3 = u/(R+r).$

10-MASALA.

Arqon tezligi u, blok radusi r ma’lum bo‘lsa ,1-burg‘ulash asbobining ko‘tarish tezligi v va 2-blok burchak tezligi ω aniqlansin (13-a shakl).



a) b)

13- shakl.

Yechish.

Arqon cho‘zilmaydigan bo‘lib, o‘z o‘qi atrofida aylanuvchi 4-blok orqali egilib o‘tadi, shuning uchun arqonning O_2C qismining hamma nuqtalari yuqoriga yo‘nalgan v tezlikka ega bo‘lib BA qismida esa vertikal pastga yo‘nalgan v tezlikka ega bo‘ladi, yani:

$$\bar{v}_A = -\bar{v}_{O_2}\,; \quad v_A = v_{O_2} = v\,. \quad (1)$$

2-g‘ildirak uchun tezliklar oniy markazi AD to‘g‘ri chiziq bilan $\bar{v}_A$, $\bar{v}_{O_2}$ vektor uchlarini tutashtiruvchi chiziq kesishgan nuqtasida joylashgan (18- b shakl). A va O_2 nuqtalar tezliklari bir xil bo‘lgani uchun AP_2 va P_2O_2 o‘zaro teng:

$$AP_2 = P_2O_2 = r/2\,. \quad (2)$$

Arqonning D nuqtasi tezligi u ga teng, shuning uchun 2-blok burchak tezligi

$$\omega = u/DP_2 = u/(r + r/2) = 2u/(3r) \quad (3)$$

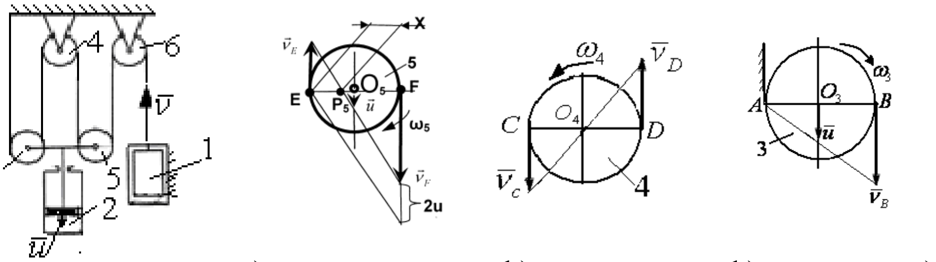
O_2 markaz tezligi, yani burg‘ulash asbobi tezligi quyidagicha bo‘ladi:

$$v = \omega \cdot P_2O_2 = \frac{2u}{3r}\cdot\frac{r}{2} = \frac{u}{3}\,. \quad (4)$$

Javob : $v = u/3;\quad \omega = 2u/(3r).$

11-MASALA.

1-burg‘ulanish stanogi shpindelining uzatish mexanizmi 3,4,5,6-bloklar sistemasi orqali gidrosilindrni harakatga keltiradi (14- a shakl) . Gidrosilindr shtogi tezligi u, bloklar radiuslari bir xil ekanligi ma’lum . Shpindel tezligi va bloklarning burchak tezliklarning nisbati aniqlansin (14- shakl)



a) b) d) e)

14-shakl.

Yechish.

Arqonni cho‘zilmaydigan deb hisoblaymiz. Arqonning chap tomonidagi bo‘lagi qo‘zg‘almas bo‘lgani uchun uning barcha nuqtalari tezligi berilgan vaqtda nolga teng.

Demak , 3-blokning A nuqtasi tezliklar oniy markazi bo‘ladi (19- b shakl). Bu blokning markazi tezligi gidrosilindr shtogi tezligiga teng bo‘lgani uchun

$$\omega_3 = v_{O_3} / r = u / r; \quad v_B = \omega_3 \cdot 2r = 2u.$$

Arqonning C nuqtasining tezligi v_C (14- d shakl), qiymat va yo‘nalish jihatdan B nuqta tezligiga teng . 4-g‘ildirak (blok) markazi qo‘g‘almas bo‘lgani uchun

$$v_D = -v_C, \quad v_D = v_C = v_B = 2u, \qquad (1)$$
$$\omega_4 = v_C / r = 2u / r.$$

Arqonning E nuqtasining tezligi qiymat va yo‘nalish jihat- dan D nuqta tezligiga teng. 5-g‘ildirak markazi gidrosilindr shtogi tezligiga teng bo‘lgan tezlik bilan harakatlanadi.

Shuning uchun, shu blokning gorizontal diametrida yotuv- chi nuqtalarining tezliklari 14-e shaklda ko‘rsatilgandek joy- lashadi, bu yerda P_5 5-blok uchun tezliklar oniy markazi bo‘ladi. 5-blok tezligi teng:

$$\omega_5 = v_{O5} /(r - x) = v_E / x \ ,$$

yoki

$$u /(r - x) = 2u / x \ ,$$

(2)

bundan $\quad x = 2r / 3$,

demak, $\quad \omega_5 = 2u /(2r / 3) = 3u / r$,

$$v_F = \omega_5 \cdot FP_5 = (3u / r)(2r - x) = 4u \ .$$

F nuqtadan shpindel bilan mahkamlangan nuqtagacha bo‘lgan barcha nuqtalar tezliklari moduli teng bo‘lgani uchun shpindel tezligi teng: $v = v_F = 4u.$

6-blok burchak tezligi teng: $\omega_6 = 4u/r$.

Burchak tezliklar nisbatini hisoblaymiz:

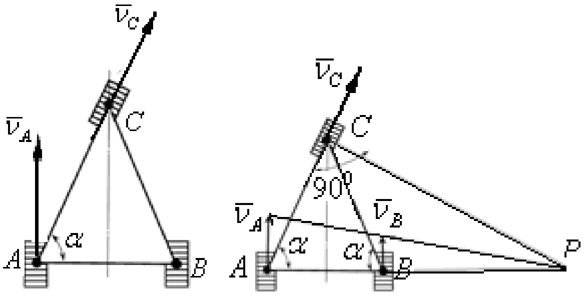
$$\omega_3 : \omega_4 : \omega_5 : \omega_6 = (u / r) : (2u / r) : (3u / r) : (4u / r) = 1 : 2 : 3 : 4$$

Javob:

$v = 4u; \quad \omega_3 : \omega_4 : \omega_5 : \omega_6 = 1 : 2 : 3 : 4$.

12-MASALA.

Ekskavator burilish platformasi ABC teng yonli uchburchak uchlaridagi 3 ta nuqtadagi gusenitsalarga tayanadi. Bu yer- da $AC=BC$ (15- a shakl). A nuqtaning tezligi AB ga perpendi- kular, C nuqtaning tezligi esa AC bo‘ylab yo‘naladi. A nuqta tezligi uchburchakning AB tomoni ($AB=\ell$) va α burchak berilgan bo‘lsa, platformaning burchak tezligi va B nuqtaning tezligi aniqlansin.



a) b)

15 –shakl.

Yechish.

Platformaning tezliklar oniy markazi A va B nuqtalar tezliklariga shu nuqtalardan o‘tuvchi perpendikularlar kesishgan nuqtasida bo‘ladi (15- b shakl). Platforma burchak tezligi teng: $\omega = v_A / AP$

AP kesma uzunligini hisoblaymiz: $AP = AC/\cos\alpha = \dfrac{AB/2}{\cos\alpha}\Big/\cos\alpha = \dfrac{\ell}{\cos^2\alpha}$.

U holda $\omega = v_A(2\cos^2\alpha)/\ell$;

$$v_B = \omega \cdot PB = \omega(AP - AB) = \frac{2v_A\cos^2\alpha}{\ell}\left(\frac{\ell}{2\cos^2\alpha} - \ell\right) =$$

$$= v_A(1 - 2\cos^2\alpha) = -v_A\cos 2\alpha.$$

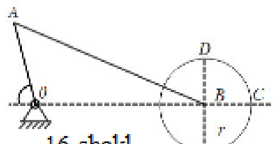
Agar $\alpha > \dfrac{\pi}{4}$ bo‘lsa, $v_B>0$ va $\bar{v}_B \uparrow\uparrow \bar{v}_A$, agar $\alpha < \dfrac{\pi}{4}$ bo‘lsa,

$v_B>0$ va $\bar{v}_B \uparrow\downarrow \bar{v}_A$, agar $\alpha = \dfrac{\pi}{4}$ bo‘lsa, $v_B = 0$ bo‘ladi.

Demak, aylanma harakat platforma tekisligiga perpendikulyar B (B nuqta tezliklar oniy markazi) nuqtadan o‘tuvchi o‘q atrofida bo‘ladi .

Javob: $\omega = (2v_A\cos^2\alpha)/\ell;\ v_B = v_A|\cos\alpha|,\ \bar{v}_B \uparrow\uparrow \bar{v}_A$, *àgar*
$\alpha > \pi/4; \bar{v}_A \uparrow\downarrow \bar{v}_B, \alpha < \pi/4.$

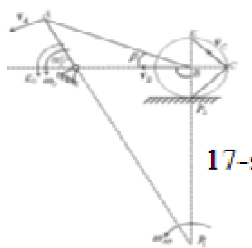
13-MASALA.



16-shakl

Shaklda ko‘rsatilgan mexanizmda, OA yetakchi zveno O qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanadi (16-shakl); shu paytda uning burchak tezligi ω_0 va burchak tezlanishi ε_0 ga teng. AB zveno bilan biriktirilgan D rolik gorizontal bo‘ylab sirg‘anmasdan yumalaydi. Topish kerak:

1. A, B, C nuqtalarning tezliklarini,
2. AB zveno va D rolikning burchak tezliklarini,
3. B nuqtaning tezlanishi va AB zvenoning burchak tezlanishini.



17-shakl

Berilgan:

$\alpha = 60^0, OA = a = 10\,sm, r = 5\,sm,\ \omega_0 = 2\ 1/sek.,\ \ \varepsilon = 3\ 1/sek.^2$

$AB = \ell = 2a\ \sqrt{3}\ sm.$ O va B nuqtalar bir gorizontalda yotadi.

Yechish.

Masalaning shartida berilganlarga muvofiq $\alpha = 60^0$ ma'lum masshtabda mexanizmni chizamiz (16-shakl)

Zveno OA qo‘zg‘almas o‘q atrofida soat strelkasi yo‘nalishiga qarshi aylanadi deb faraz qilamiz. ω_0 va ε_0 larning ishoralari bir xil bo‘lgani uchun, ω_0 va ε_0 larning yo‘nalishlari belgilovchi yoy strelkalar bir tomonga yo‘nalgan.

AB zveno ham D rolik tekis parallel harakat qilinadi. $\bar{v}_A$ va $\bar{v}_B$ tezliklarning yo'nalishilari ma'lum bo'lishidan foydalanib AB zvenoning P_1 tezliklar oniy markazini topamiz .
D rolikning tezliklar oniy markazi P_2 nuqtada yotadi .

v_A, v_B va ω_{AB} larni aniqlash.
A nuqtaning tezligi quyidagiga teng:

$$v_A = \omega_0\, OA = \omega_0 a; \qquad v_A = 2 \cdot 10 = 20\, sm/sek.$$

AB zvenoning ω_{AB} burchak tezligi quyidagiga teng:

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{AP_1} \tag{1}$$

AP_1 masofani sinuslar teoremasidan foydalanib ΔABP_1 dan aniqlaymiz.

$$\frac{AP_1}{\sin(90^0 + \beta)} = \frac{AB}{\sin 30^0}, \text{ bundan } \quad AP_1 = \frac{\ell \cos\beta}{\sin 30^0} = 2\,\ell\cos\beta$$

$\cos\beta$ ni aniqlash uchun ΔOAB dan foydalanamiz. Sinuslar teoremasiga asosan:

$$\frac{OA}{\sin\beta} = \frac{AB}{\sin 120^0} \quad \text{yoki} \quad \frac{OA}{\sin\beta} = \frac{AB}{\cos 30^0} \quad \text{bundan}$$

$$\sin\beta = \frac{OA\sqrt{3}}{2AB} = \frac{1}{4}, \quad \cos\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{16}} = \frac{\sqrt{15}}{4}; \quad \cos\beta \approx 0{,}97$$

Unda $\quad AP_1 = 2 \cdot 2a\sqrt{3}.\frac{15}{4} = 3a\sqrt{5} : AP_1 = 67{,}2 sm.$

(1) formuladan: $\omega_{AB} = \frac{a}{3a\sqrt{5}} = \frac{\omega_0}{3\sqrt{5}}$; $\omega_{AB} = 0{,}3 I/sek.$

B nuqtaning tezligi quyidagiga teng:

$$v_B = \omega_{AB} \cdot BP_1 \tag{2}$$

BP_1 masofani ΔOBP_1 dan aniqlaymiz:

$$BP_1 = OP_1 \sin 60^0 = (AP_1 - OA)\sin 60^0 = \left(3a\sqrt{5} - a\right)\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$BP_1 = \left(3\sqrt{5} - 1\right)\frac{a\sqrt{3}}{2} = (3 \cdot 2{,}24 - 1)\frac{17{,}3}{2} \approx 49{,}5 sm.$$

(2) formuladan: $v_B = 0{,}3 \cdot 49{,}5 \approx 14{,}9 sm/sek.$

ω_D va v_C larni aniqlaymiz.

$\bar{v}_B$ tezlik va D rolikning P_2 tezliklar oniy markazi ma'lum:
D rolikning burchak tezligini quyidagi formuladan aniqlaymiz:
v_C tezlik teng:

$$v_C = \omega_D \cdot r\sqrt{2} = 5 \cdot 2{,}98 \cdot 1{,}41 \approx 21\ sm/sek.$$

v_C vektori CP_2 ga tik yo'nalgan bo'lib EP_2 vertikal diametr- ning uchidan o'tadi. B nuqtaning tezlanishi va AB zvenoning burchak tezlanishini aniqlaymiz. B nuqta ham AB sterjenga, ham D rolikka tegishlidir, shuning uchun B nuqta tezlanishning yo'nalishi ma'lum OB chiziq bo'ylab yo'nalgan

A nuqtani qutb deb qabul qilib, B nuqtaning tezlanishini

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A^n + \bar{a}_A^\tau + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau \tag{3)}$$

formuladan aniqlaymiz .

a_A^n tezlanishning kattaligi quyidagiga teng:

$$a_A^n = \omega_0^2 \cdot OA = \omega_0^2 \; a\,; \qquad a_A^n = 40 \;\; sm/sek^2.$$

$\bar{a}_A^n$ tezlanishning vektori *A* nuqtadan *O* nuqtaga qarab yo‘naladi.

a_A^τ tezlanishning kattaligi teng:

$$a_A^\tau = \varepsilon_0 \cdot OA = \varepsilon_0 \cdot \text{a}, \qquad a_A^\tau = 30 \;\; sm/sek^2.$$

ω_0 va ε_0 larning ishoralari bir xil bo‘lganda $\bar{a}_A^\tau$ vektor *OA* ga tik ravishda va *OA* krivopshipning aylanish tomoniga yo‘naladi.

a_{BA}^n tezlanishning kattaligi teng:

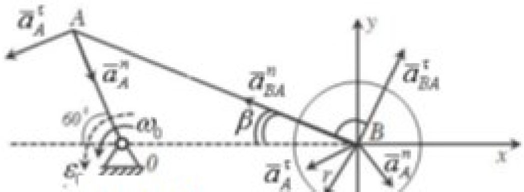
$$a_{BA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot AB = \left(\frac{\omega_0}{3\sqrt{5}}\right)^2 \cdot 2\,a\sqrt{3} = \frac{2\,a\sqrt{3}}{45}\,\omega_0^2$$

$$a_{BA}^n = \frac{2{,}10 \cdot 1{,}73}{45} = 3\,sm/sek^2.$$

$\bar{a}_{BA}^n$ vektor *AB* shatun bo‘ylab *B* nuqtadan *A* qutbga qarab yo‘naladi.

(3) tenglamada a_B va a_{BA}^τ kattaliklar noma’lum .

A qutb atrofida aylanishni tezlanuvchan deb faraz qilib, a_{BA}^τ vektorni *AB* ga tik $\bar{a}_B$ vektorni esa *B* nuqtaning trayektoriyasi bo‘ylab istagan tomonga yo‘naltiramiz (18-shakl).



18-shakl

a_B va a_{BA}^τ tezlanishlarning kattaliklarini topish uchun (5*.3) vektorial tenglikni *Bx* va *By* o‘qlariga proyeksiyalaymiz :

$$a_B = a_A^n \cdot \cos 60^0 - a_A^\tau \cdot \cos 30^0 - a_{BA}^n \cos\beta + a_{BA}^\tau \cdot \sin\beta$$

$$0 = -a_A^n \cdot \sin 60^0 - a_A^\tau \cdot \sin 30^0 + a_{BA}^n \sin\beta + a_{BA}^\tau \cdot \cos\beta$$

(4))

(4) tenglamalarning ikkinchisidan a_{BA}^τ ni topamiz:

$$a_{BA}^\tau = \frac{a_A^n \cdot \sin 60 + a_A^\tau \sin 30^0 - a_{BA}^n \cdot \sin\beta}{\cos\beta}$$ tenglamaga son qiymat-larini qo‘yamiz:

$$a_{BA}^\tau = \frac{40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 30 \cdot \frac{1}{2} - 3\frac{1}{4}}{0{,}97} = \frac{20 \cdot 1{,}73 + 15 - 0{,}75}{0{,}97} = \frac{48{,}85}{0{,}97} \approx 50{,}3 \;\; sm/sek^2.$$

a_{BA}^τ kattalikning musbat ishorasi vektorining yo‘nalishi shaklda to‘g‘ri ekanligini ko‘rsatadi.

a_{BA}^τ ning qiymatini (4) tenglamaga qo‘yamiz va a_B ni aniqlaymiz:

$$a_B = 40 \cdot \frac{1}{2} - 30 \cdot \frac{3}{2} - 3 \cdot 0{,}97 + 50{,}3 \cdot \frac{1}{4} = 20 - 25{,}95 - 2{,}91 + 12{,}57 \approx 37 \;\; sm/sek^2.$$

a_B kattalikning musbat ishorasi shuni bildiradiki, $\bar{a}_B$ vektorning yo‘nalishi shaklda to‘g‘ri ko‘rsatilgan.

AB shatunning ε_{AB} burchak tezlanishi aniqlaymiz:

$$\varepsilon_{AB} = \frac{a_{BA}^\tau}{AB}; \qquad \varepsilon_{AB} = \frac{50{,}3}{20 \cdot 3} = \frac{50{,}3}{34{,}6} = 1{,}5 \;\; I/sek^2.$$

Javob: $v_A = 20\,sm/sek; v_B = 14{,}9\,sm/sek; v_C = sm/sek\,; \omega_{AB} = 0{,}3 \;\; I/sek\,;$
$\omega_D = 2{,}98 \;\; I/sek^2\,; \;\; a_B = 37\,sm/sek^2\,; \varepsilon = 1{,}5 \;\; I/sek^2.$

14-MASALA.

19-shaklda ko‘rsatilgan mexanizmda OA krivoshin O_1 o‘q atrofida tekis aylanadi. BD zvenoning tezliklar oniy markazi, A, B va D nuqtalarning tezliklari, A,B va C nuqtalarning tezlanishlari; AB va O_2B zvenolarning burchak tezligi va burchak tezlanishlari aniqlansin. B nuqta uchun tezlanishlar ko‘pburchagi tuzilsin.

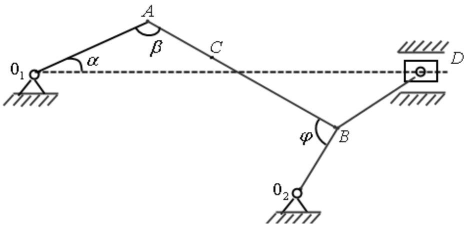
Berilgan:

$O_1A = r = 40\ sm,\qquad AB = \ell = 80\ sm,\qquad O_2B = 60\sqrt{3}\ sm$

$BD = a = 40 sm,\quad AC = CB,\quad \omega_{O,A} = \omega = 8\ I/sek, \alpha = 30^0,$

$\beta = 120^0, \varphi = 90^0.$

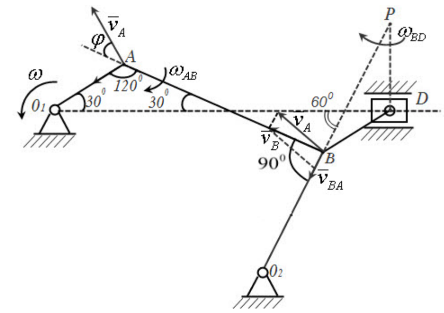
O_1 va D polzunning markaziy nuqtalari bir gorizontalda yotadi.



19-shakl.

Yechish.

Masalaning shartida berilganlarga muvofiq ma’lum masshtabda mexanizmni chizamiz (20-shakl).



20-shakl.

Shakldа A, B va D nuqtalari tezliklarining yo‘naltiramiz.

$\bar{v}_A$ va $\bar{v}_D$ tezliklarga tiklar tushiramiz, ularning kesishuv nuqtasi BD zvenoning tezliklar oniy markazi bo‘ladi.

A nuqtaning tezligi $v_A = \omega r$ formuladan aniqlanadi: Demak tezlik qiymati teng: $v_A = 3{,}2\ \ sm/sek.$

B nuqtaning tezligini aniqlash uchun tekis shaklning ikki nuqtasining tezliklarining proyeksiyalari haqidagi teoremadan foydalanamiz :

$$pr_{AB}\bar{v}_B = pr_{AB}\bar{v}_A$$

$$v_B = v_A \cos\varphi;\quad v_B = v_A \cdot \cos 30^0 = \omega_r \frac{\sqrt{3}}{2} = 1{,}6\sqrt{3}\ \ sm/sek.$$

$$v_B = 2{,}8\ \ sm/sek.$$

D nuqtaning tezligini quyidagi proporsiyadan aniqlaymiz

$$\frac{v_D}{v_B} = \frac{DP}{BP}$$

Demak, $$v_D = v_B\,\frac{DP}{BP}.$$

Sinuslar teoremasiga muvofiq ΔBDP dan:

$$\frac{DP}{\sin 30^0} = \frac{BP}{\sin 120^0} \text{ bundan } \frac{DP}{BP} = \frac{\sin 30^0}{\sin 120^0} = \frac{0{,}5}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Demak:

$$v_D = v_B \frac{\sqrt{3}}{9} = \frac{1{,}6 \cdot \sqrt{3}\sqrt{3}}{9} = 1{,}6 \; sm/sek.$$

$\omega_{AB,}\ \omega_{BD,}\ \omega_{O_2B}$ larni aniqlaymiz.

AB zvenoning burchak tezligi quyidagiga teng:

$$\omega_{AB} = \frac{v_{BA}}{AB} \;.$$

v_{BA} nisbiy tezlikni aniqlash uchun $\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}$ vektorial tenglikni BO_2 o‘qqa proyeksiyalaymiz.

Natijada $0 = -v_A \sin\alpha + v_{BA}$ hosil bo‘ladi.

Bu yerda: $v_{BA} = v_A \sin 30^0$; $v_{BA} = \frac{v_A}{2} = 1{,}6 \; sm/sek.$

Demak: $\omega_{AB} = \frac{1{,}6}{0{,}8} = 2 \;\; I/sek.$.

ω_{BD} burchak tezligi teng:

$$\omega_{BD} = \frac{v_D}{DP}$$

$DP = BD$ bo‘lgani uchun ω_{BD} teng:

$$\omega_{BD} = \frac{v_D}{BD}, \text{ bu yerda } \omega_{BD} = \frac{1{,}6}{0{,}4} = 4 \;\; I/sek.$$

0_2B zvenoning burchak tezligi teng:

$$\omega_{DB} = \frac{v_B}{BO_2}, \text{ bu yerda } \omega_{O_2B} = \frac{1{,}6\sqrt{3}}{0{,}6\sqrt{3}} = \frac{8}{3} \approx 1{,}7 \quad I/sek.$$

A va B nuqtalarning tezlanishlarini aniqlaymiz.

0_1A krivoship tekis aylanadi, shuning uchun tezlanishi teng:

$$a_A = a_A^n = \omega^2 r$$

Kattaligi teng:

$$a_A = 64 \cdot 0{,}4 = 25{,}6 \;\; sm/sek.^2$$

$\bar{a}_A$ tezlanish A nuqtadan 0_1 nuqtaga qarab yo‘naladi (26-shakl)**.** B nuqta, tekis parallel harakat qiladigan AB zvenoga ham, qo‘z- g‘almas o‘q atrofida aylanadigan 0_2B zvenoga ham tegishlidir.

A nuqtani qutb deb qabul qilsak, $\bar{a}_B$ tezlanishni quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau \qquad (1).$$

Ikkinchi tomondan, 0_2B zvenoga tegishli bo‘lgan B nuqtaning tezlanishi quyidagiga teng:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_B^n + \bar{a}_B^\tau$$

$\bar{a}_B$ ning bu qiymatini (1) formulaga qo‘ysak,

$$\bar{a}_B^n + \bar{a}_B^\tau = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau \qquad (2)$$

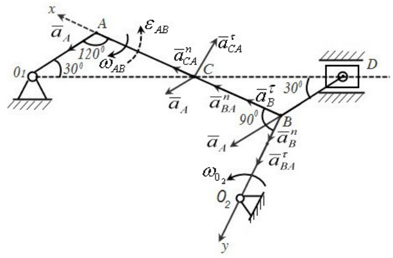
hosil bo‘ladi.

$$a_B^n = \omega_0^2 \cdot A = \frac{64}{9} \cdot 0{,}6\sqrt{3} = \frac{64\sqrt{3}}{15}; \qquad a_B^n = 7{,}4\ \ sm/sek.^2$$

$\overline{a}_B^n$ vektor B nuqtadan O_2 nuqtaga qarab yo‘naladi.

$$a_{BA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot \ell = 4 \cdot 0{,}8 = 3{,}2\ \ sm/sek.^2$$

$\overline{a}_{BA}^n$ vektor B nuqtadan A nuqtaga qarab yo‘naladi.(6*.2) vektorial tenglikda a_B^τ va a_{BA}^τ kattaliklar noma’lumdir. 0_2B zvenoning aylanishini tezlanuvchan deb faraz qilib, vektorni O_2B ga tik yo‘naltiramiz. AB zvenoning A qutb atrofida aylanishini tezlanuvchan deb faraz qilib, $\overline{a}_{BA}^\tau$ vektorni AB zvenoga tik yo‘naltiramiz.



21-shakl.

a_B^τ va a_{BA}^τ kattaliklarni aniqlash uchun (2) vektorial tenglikni Bx va By o‘qlarga proyeksiyalaymiz:

$$a_B^\tau = a_A \cos 60^0 + a_{BA}^n$$

$$a_B^n = a_A \cos 30^0 + a_{BA}^\tau$$

Bundan:

$$a_B^\tau = 25{,}6 \cdot 0{,}5 + 3{,}2 = 16\ \ sm/sek^2.$$

$$a_{BA}^\tau = a_B^n - a_A \cos 30^0 = 7{,}4 - 25{,}6 \cdot 0{,}86 = -14{,}6\ \ sm/sek.^2$$

a_{BA}^τ kattalikning manfiy ishorasi shuni bildiradiki, $\overline{a}_{BA}^\tau$ vek- torining haqiqiy yo‘nalishi shaklda ko‘rsatilganiga qarama-qarshi va AB zvenoning aylanishi sekinlanuvchan. B nuqta tezlanishining moduli quyidagicha hisoblanadi :

$$a_B = \sqrt{\left(a_B^\tau\right)^2 + \left(a_B^n\right)^2} = \sqrt{256 + 54{,}1} = \sqrt{310{,}1} = 17{,}6\ \ sm/sek.^2$$

ε_{AB} va ε_{0_2B} burchak tezlanishlarini aniqlaymiiz.

AB zvenoning burchak tezlanishi quyidagiga teng:

$$\varepsilon_{AB} = \frac{a_{BA}^\tau}{AB} = \frac{14{,}6}{0{,}8} = 18{,}2\ \ I/sek.^2$$

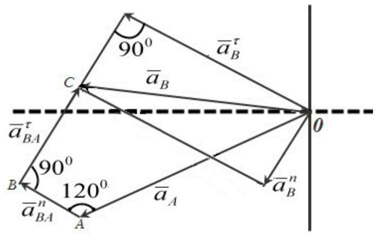
0_2B zvenoning burchak tezlanishi quyidagiga teng:

$$\varepsilon_{0_2B} = \frac{a_B^\tau}{A} = \frac{16}{0{,}63} = 1{,}5\ \ I/sek.^2$$

B nuqtaning tezlanishlar ko‘pburchagini tuzish

(1) formulaga binoan tezlanishlar ko‘pburchagini tuzish uchun, masshtab tanlab olib, istalgan O nuqtadan $\overline{a}_A$ ga parallel bo‘lgan vektorni tushiramiz. Bu vektorning moduli tanlab olingan masshtabda modul jihatidan a_A ga teng. Bu vektorning (A) uchidan a_{BA}^n ga parallel va modul jihatidan unga teng bo‘lgan vektorni, so‘ngra uning (V) uchidan $\overline{a}_{BA}^\tau$ ga parallel va modul jihatidan unga teng bo‘lgan vektorni tushiramiz (albatta $\overline{a}_{BA} \perp \overline{a}_{BA}^n$). Tanlab olingan masshtabda $\overline{a}_B$ (berkituvchi $\overline{OC}$ vektor) tezlanishni aniqlaymiz (22-shakl).

$a_A = 25{,}6\ sm/sek.^2$ $a_{BA}^n = 3{,}2\ sm/sek.^2$ $a_{BA}^\tau = 14{,}6\ sm/sek.^2$ $a_B = 17{,}6\ sm/sek.^2$
$a_B^n = 7{,}4\ sm/sek.^2$ $a_B^\tau = 16\ sm/sek.^2$



22-shakl

C nuqtaning tezlanishini aniqlash

C nuqta, burchak tezligi va burchak tezlanishi ma'lum bo'lgan *AB* sterjenga tegishli; bundan tashqari *A* nuqtaning tezlanishi ma'lum. Qutb deb *A* nuqtani qabul qilsak, *C* nuqtaning tezlanishini aniqlaymiz:

$$\overline{a}_C = \overline{a}_A + \overline{a}_{CA}^n + \overline{a}_{CA}^\tau \qquad (6^*.3)$$

$$a_{CA}^n = \omega_{AB}^2 \cdot AC = 4 \cdot 0{,}4 = 1{,}6\ sm/sek.^2$$

$\overline{a}_{CA}^n$ tezlanish vektori *C* nuqtadan *A* nuqtaga qarab yo'nalgan.

$$a_{CA}^\tau = \varepsilon_{AB} \cdot AC = 18{,}2 \cdot 0{,}4 \approx 7{,}3\,sm/sek.^2$$

$\overline{a}_{CA}^\tau$ vektor esa ε_{AB} yo'nalishiga mos ravishda *AB* ga tik yo'na- ladi. (3) vektorial tenglikni *Bx* va *By* o'qlarga proyeksiyala miz: $a_{CX} = a_A \cos 60^0 + a_{CA}^n = 25{,}6 \cdot 0{,}5 + 1{,}6 = 14{,}4\ sm/sek.^2$

$$a_{CY} = a_A \cos 30^0 - a_{CA}^\tau = 25{,}6 \cdot 0{,}86 - 7{,}3 = 15\ sm/sek.^2$$

$\overline{a}_C$ tezlanishning moduli teng:

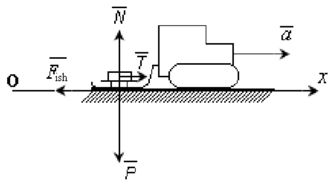
$$a_C = \sqrt{a_{CX}^2 + a_{CY}^2} = \sqrt{(14{,}4)^2 + 15^2} = \sqrt{432{,}36} \approx 20{,}8\ \ sm/sek.^2$$

Javob: $v_A = 3{,}2\ sm/sek.$ $v_B = 2{,}8\ sm/sek.$ $v_D = 1{,}6\ sm/sek.$
$a_A = 25{,}6\ sm/sek.^2$ $a_B = 17{,}6\ sm/sek.^2$ $a_C = 20{,}8\ sm/sek.^2$
$\omega_{AB} = 1{,}6/0{,}8 = 2\ I/sek.$ $\omega_{O_2B} = 1{,}7\ I/sek.$ $\varepsilon_{AB} = 18{,}2\ I/sek.^2$ $\varepsilon_{0_2B} = 1{,}5\ I/sek.^2$

5. Dinamikaning I va II asosiy masalalari. Harakat differensial tenglamalarini integrallash

15-MASALA

Traktor yo'lning to'g'ri chiziqli bo'lagida $x = 10t^2 + 5t\,(m)$ qonuni bilan harakatlanadi. U massasi 600 kg bo'lgan yukni tortadi (-shakl). Agar yukni yerga ishqalanish koeffitsienti $f = 0{,}04$ bo'lsa, traktorning yukni tortish kuchi aniqlansin.



23-shakl

Yechish:

Traktorning harakat o'qini OX bilan belgilaymiz. Harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$F_x = ma_x \qquad \textbf{(1)}$$

Bu yerda F_x – barcha kuchlarning OX o'qidagi proyeksiyasi, a_x – tezlanishning OX o'qidagi proyeksiyasi. Uni aniqlash uchun harakat qonunidan ikkinchi tartibli hosila olamiz. Birinchi tartibli hosilasi tezlikning OX o'qidagi proyeksiyasiga teng, ya'ni:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = (20t + 5)\,{}^{m}\!/_{s}$$

Ikkinchi tartibli hosilasi tezlanishning OX o'qidagi proyeksiyasiga teng, ya'ni:

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = 20\ (m/s) \qquad \textbf{(2)}$$

Kuchlarning harakat o'qidagi proyeksiyasini aniqlaymiz:

$$F_x = T - F_{ish} \qquad \textbf{(3)}$$

(*1.3) ifodani (*1.1) ga olib borib qo'yamiz:

$$T - F_{ish} = ma_x \qquad \textbf{(4)}$$

Bu yerda: $F_{ish} = fN = fp = fmg$ **(5)**

(4) va (5) tenglamalardan tortish kuchi $\overline{T}$ ni aniqlaymiz:

$$T = F_{ish} + ma_x = fmg + ma_x = m(fg + a_x) = 600(0{,}04 \times 9{,}8 + 20) = 12{,}2\,(kN)$$

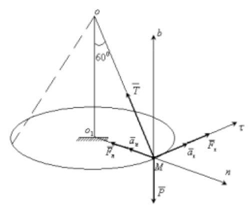
Javob: $T = 12{,}2\,(kN)$

16 -MASALA

Qo'zg'almas O nuqtaga bog'langan, uzunligi 0,5 m bo'lgan ipga osib qo'yilgan 0,5 kg massali M yuk konus shaklidagi mayatnikni tasvirlaydi, ya'ni gorizontal tekislikda aylana chizadi: shu bilan barobar ip vertikal bilan 60^0 li burchak tashkil qiladi. Yukning tezligi v va ipdagi tortilish kuchi T aniqlansin.

Yechish:

M yukning trayektoriyasi gorizontal tekislikda bo'lib, radiusi $O_1M = R$ bo'lgan aylanadan iborat. Yukning harakatini tabiiy koordinata o'qlarida tekshiramiz. Harakat differensial tenglamasini tuzamiz:



24-shakl

$$ma_\tau = F_\tau\ ; \quad ma_n = F_n\ ; \quad 0 = F_b\ . \qquad \textbf{(1)}$$

Bu yerda $F_\tau; F_n; F_b$ lar yukka ta'sir etuvchi kuchlarning tabiiy $o_1 n \tau b$ o'qlaridagi proyeksiyalari. Ta'sir kuchlari M yukning og'irligi $\overline{P}$ va ipning tortilish kuchi $\overline{T}$ dan iborat. (1) tenglamani tuzamiz:

$$ma_\tau = 0; \quad -ma_n = -T\cos 30^0\ ; \quad 0 = T\cos 60^0 - P. \qquad \textbf{(2)}$$

(2) tenglamani yechib, masala shartida so'ralgan M yukning tezligini va ipning tortilish kuchini aniqlaymiz: $T\cos 60^0 - P = 0$ **(3)**

(3) tenglamadan ipning tortilish kuchini aniqlaymiz:

$$T = \frac{P}{\cos 60^0} = \frac{mg}{\cos 60^0} = \frac{0{,}5 \times 9{,}8}{0{,}5} = 9{,}8\ (N)$$

$$-ma_n = -T\cos 30^0 \qquad \textbf{(4)}$$

(4) tenglamadan normal tezlanishni aniqlaymiz:

$$a_n = \frac{T\cos 30^0}{m} = \frac{9{,}8 \times 0{,}86}{0{,}5} = 16{,}85(m/s^2)$$

Kinematikadan bizga ma'lumki, normal tezlanish:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} \qquad \textbf{(5)}$$

formula bilan aniqlanadi. Bu formuladagi ρ trayektoriyaning egrilik radiusi bo'lib, biz ko'rayotgan masalada trayektoriya aylana bo'lganligi uchun $\rho = R$ dir.

$$R = O_1M = OM\sin 60^0 = 0{,}5 \times 0{,}86 = 0{,}43\,(m)$$

(5) tenglamadan tezlikni hisoblaymiz: $v^2 = a_n\rho$

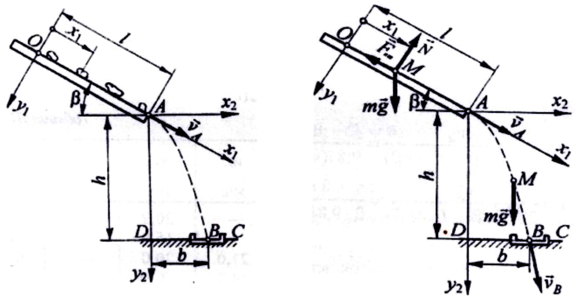
$$v = \sqrt{a_n\rho} = \sqrt{a_nR} = \sqrt{16{,}85 \times 0{,}43} = \sqrt{7{,}24} = 2{,}7(m/s)$$

Javob: $T = 9{,}8(N)$

$v = 2{,}7(m/s)$

17 -MASALA.

Rudalarni boyitish qurilmasining OA qismi gorizontal tekislik bilan $\beta = 30^0$ burchak hosil qiluvchi qiya tekislikdan iboratdir. Qiya tekislikda rudaning bir bo'lagi tinch holatdan (O nuqtadan) harakatini boshladi va A nuqtada $v_A = 2\ m/s$ tezlik bilan otildi (-shakl). Qiya tekislikning sirpanishdagi ishqalanish koeffitsienti $f = 0{,}2$ ga teng. Rudaning bo'lagini moddiy nuqta deb qarab va havoning qarshiligini hisobga olmagan holda, rudaning harakat boshlaganidan to yerga tushgunigacha ketgan vaqti, qiya tekislik uzunligi, ya'ni $OA = l\ (m)$, rudaning qancha masofaga borib tushishi, ya'ni d va $h = 1\ (m)$ balandlikdan tushib, urilish paytdagi tezligi v_b aniqlansin.



25 -shakl 26 -shakl

Yechish:

Ruda bo'lagining OA qiya tekislik bo'ylab harakati davomida unga quyidagi kuchlar ta'sir etadi: og'irlik kuchi $m\bar{g}$, normal reaksiya kuchi $\bar{N}$ va sirpanishdagi ishqalanish kuchi $\bar{F}_{ish}$ (26-shakl).

Ruda qismining qiya tekislikdagi trayektoriyasi bo'ylab, OX_1 o'qini yo'naltiramiz va harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x}_1 = \sum_{k=1}^{3} F_{kx_1}$$
$$yoki$$
$$m\ddot{x}_1 = mg\sin\beta - F_{ish} \qquad (1)$$

Bu yerda :

$$F_{ish} = fN$$
$$N = mg\cos\beta \qquad (2)$$

(2) tenglamani (1)ga olib borib qo'ysak:

$$m\ddot{x}_1 = mg\sin\beta - fmg\cos\beta$$
$$yoki$$
$$\ddot{x}_1 = g(\sin\beta - f\cos\beta) \qquad (3)$$

(3) tenglamani ikki marotaba integrallaymiz:

$$\frac{dv_{x_1}}{dt_1} = g(\sin\beta - f\cos\beta)$$
$$dv_{x_1} = g(\sin\beta - f\cos\beta)dt_1$$
$$\text{int}\ egrallaymiz:$$
$$\int dv_{x_1} = \int g(\sin\beta - f\cos\beta)dt_1$$

Bir marotaba integrallab quyidagi natijani hosil qildik

$$v_{x_1} = g(\sin\beta - f\cos\beta)t_1 + C_1 \qquad (4)$$

$$v_{x_1}=\frac{dx_1}{dt_1} \qquad (5)$$

(5) ni (4)ga qo'yib yana integrallaymiz:

$$\frac{dx_1}{dt_1}=g(\sin\beta-f\cos\beta)\,t_1+C_1$$

$$dx_1=\left[g(\sin\beta-f\cos\beta)\,t_1+C_1\right]dt_1 \qquad (6)$$

$$\int dx_1=\int\left[g(\sin\beta-f\cos\beta)t_1+C_1\right]dt_1$$

$$x_1=g(\sin\beta-f\cos\beta)\frac{t_1^{\,2}}{2}+C_1t_1+C_2$$

integral o'zgarmaslari $C_1;C_2$ larni (4) va (6) tenglamalarga o'zgaruvchilarning boshlang'ich qiymatlarini qo'yib aniqlaymiz:

Boshlang'ich qiymatlar: $t_1=0$ **da** $x_1(0)=0; v_{x_1}(0)=0$

Natijada quyidagi kelib chiqadi:

$$v_{x_1}(0)=C_1=0$$

$$x_1(0)=C_2=0$$

Demak, quyidagi tenglamalar hosil bo'ldi:

$$v_{x_1}=g(\sin\beta-f\cos\beta)t_1 \qquad (7)$$

$$x_1=g(\sin\beta-f\cos\beta)\frac{t_1^{\,2}}{2} \qquad (8)$$

uda OA oraliqni bosib o'tishi uchun $t_1\,s$ vaqt ketgan bo'lsa,

(*3.7) va (*3.8) tenglamalarda $v_{x_1}=v_A; x_1=l$ ga teng bo'ladi.

$$v_A=g(\sin\beta-f\cos\beta)t_1$$

$$x_1=l=g(\sin\beta-f\cos\beta)\frac{t_1^{\,2}}{2} \qquad (9)$$

(*3.9) tenglamadan OB oraliqni bosib o'tish uchun ketgan vaqtni va OA oraliqning uzunligini aniqlaymiz.

$$t_1=\frac{v_A}{g(\sin\beta-f\cos\beta)}=\frac{2}{9{,}8(\sin 30^0-0{,}2\cos 30^0)}=0{,}622\ s \qquad (10)$$

$$l=\frac{v_A^2}{2g(\sin\beta-f\cos\beta)}=\frac{2^2}{2\times 9{,}8(\sin 30^0-0{,}2\cos 30^0)}=0{,}622\,(m)$$

Endi ruda bo'lagining AB oraliqdagi harakatini tekshiramiz. Bu oraliqda ruda faqat o'z og'irligi ta'sirida harakatlanadi. Harakat differensial tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$m\ddot{x}_2=0,\quad m\ddot{y}=mg \qquad \textbf{yoki} \qquad \ddot{x}_2=0,\quad \ddot{y}_2=g \qquad (11)$$

$\ddot{x}_2=0$ **tenglamani ikki marotaba integrallaymiz**

$$\frac{dv_{x_2}}{dt_2}=0; dv_{x_2}=0; v_{x_2}=C_{3;} \qquad (12)$$

$$\frac{dx_2}{dt_2}=C_3; dx_2=C_3dt_2; \int dx_2=\int C_3dt_2; x_2=C_3t_2+C_4. \qquad (13)$$

Ruda bo'lagining AB oraliqdagi harakatida boshlang'ich shartlar quyidagidan iborat:

$t_2=0$ **da** $x_2(0)=0$ **ga teng, boshlang'ich tezlikning** Ax_2 **o'qdagi proyeksiyasi**

$v_{x_2}(0)=v_A\cos\beta$ **ga teng. Bu qiymatlarni (12); (13) tenglamalarga qo'ysak,**

integral o'zgarmaslarini aniqlaymiz:

$$C_3=v_A\cos\beta; C_4=0$$

U holda:

$$v_{x_2}=v_A\cos\beta \qquad (14)$$

$$x_2=v_At_2\cos\beta \qquad (15)$$

Endi $\ddot{y}_2 = g$ tenglamani ikki marotaba integrallaymiz:

$$\frac{dv_{y_2}}{dt_2} = g; dv_{y_2} = gt_2; \int dv_{y_2} = \int g dt_2; v_{y_2} = gt_2 + C_5; \qquad (16)$$

[redacted] **(17)**

Integral o'zgarmaslari $C_5; C_6$ larni aniqlash uchun boshlang'ich shartlardan foydalanamiz:

$t_2 = 0$ **da** $y_2(0) = 0; v_{y_2}(0); v_{y_2}(0) = v_A \sin\beta$ **(18)**

(18) shartlarni (17) ga olib borib qo'ysak:

$$C_5 = v_A \sin\beta; C_6 = 0 \qquad (19)$$

U holda:

$$v_{y_2} = v_A \sin\beta + gt_2 \qquad (20)$$

$$y_2 = v_A t_2 \sin\beta + \frac{g t_2{}^2}{2} \qquad (21)$$

(21) tenglamada $y_2 = h = 1\ m$ ekanligini e'tiborga olsak, ruda bo'lagining AB oraliqni bosib o'tish uchun ketgan vaqt t_2 ni aniqlaymiz:

$$h = v_A t_2 \sin\beta + \frac{g t_2^2}{2}; 1 = 2 t_2 \sin 30^0 + 9{,}81\frac{t_2^2}{2}; t_2 = 0{,}361\ s \qquad (22)$$

OB oraliqni bosib o'tish uchun ketgan vaqt:

$$t = t_1 + t_2 = 0{,}622 + 0{,}361 = 0{,}983 s$$

(15) tenglamadan $t_2 = 0{,}361\ s$ deb, yukning qancha masofaga tushganligini hisoblaymiz :

$$d = v_A t_2 \cos\beta = 2 \times 0{,}361 \cos 30^0 = 2 \times 0{,}361 \times 0{,}86 = 0{,}625\ (m)$$

(14); (20) tenglamalardan $t_2 = 0{,}361\ s$ vaqt uchun ruda bo'lagi tezligining $Ax_2; Ay_2$ koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$v_{Bx_2} = v_A \cos\beta = 2\cos 30^0 = 1{,}732\ m/s$$

$$v_{By_2} = v_A \sin\beta + gt_2 = 2\sin 30^0 + 9{,}81 \times 0{,}361 = 4{,}541\ m/s$$

Ruda bo'lagining DC tekislikka urilish paytidagi tezligini hisoblaymiz:

$$v_B = \sqrt{v_{Bx_2}^2 + v_{By_2}^2} = \sqrt{1{,}732^2 + 4{,}541^2} = 4{,}86\ m/s$$

Tezlik vektori $\bar{v}_B$ ning Ax_2 o'qiga og'ish burchagi:

$$\alpha = \arccos\frac{v_{Bx_2}}{v_B} = \arccos\frac{1{,},732}{4{,}86} = 69{,}122^0 = 69^0 7' 19''$$

18-MASALA.

Yer sathida turgan moddiy nuqta $v_0 = \sqrt{2gR}$ boshlang'ich vertikal tezlik (ikkinchi kosmik tezlik) bilan harakat qilmoqda. Havoning qarshilik kuchini va Yerning aylanishini hisobga olmagan holda moddiy nuqtaning harakat qonunini toping. Erkin tushish tezlanishi g= 9,81 m/s^2 va Yerning radiusi $R = 6{,}4 \cdot 10^6$ m ekanligini hisobga olsak, ikkinchi kosmik tezlik quyidagi kattalikka teng bo'ladi: $v = 11206 m/s \approx 11{,}2\ km/s$

Yechish. Yerning radiusini R bilan belgilaymiz. Koordinatalar boshini Yerning markazi deb hisoblaymiz va OX o'qini nuqtaning harakat chizig'i bo'ylab yo'naltiramiz.Moddiy nuqtaga faqat Yerning tortish kuchi F ta'sir qilmoqda.Bu kuch:

$$F = \frac{k}{x^2} \qquad (1)$$

x - Yerning markazidan nuqtagacha bo'lgan masofa. k ni topish uchun $x = R$ bo'lganda $F = mg$ ekanligini hisobga olsak,

$$k = mgR^2 \qquad (2)$$

bo'ladi. Unda:

$$F = \frac{mgR^2}{x^2} \qquad (3)$$

Shularni hisobga olgan holda moddiy nuqta harakatining differensial tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$m\ddot{x} = -\frac{mgR^2}{x^2} \qquad (4)$$

(4) tenglamaning chap tomonini quyidagicha yozib olamiz:

$$m\ddot{x} = m\dot{x}\frac{d\dot{x}}{dx} \qquad (5)$$

(5) ni hisobga olgan holda (4) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\dot{x}\frac{d\dot{x}}{dx} = -\frac{gR^2}{x^2} \qquad (6)$$

(6) da o'zgaruvchilarni ajratib, so'ngra integrallasak,

$$\frac{\dot{x}^2}{2} = \frac{gR^2}{x} + C_1 \qquad (7)$$

hosil bo'ladi.

Boshlang'ich shartlar quyidagicha ifodalanadi:

$t = 0$ da $x = R$, $\dot{x} = v_0 = \sqrt{2gR}$ (8)

Demak $C_1 = 0$

Shunga asosan (7) ifodamiz quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{\dot{x}^2}{2} = \frac{gR^2}{x} \qquad (9)$$

Bundan $\sqrt{x}dx = \sqrt{2g}Rdt$ (10)

Boshlang'ich shartlarni hisobga olgan holda (10) ni integrallasak

$$\frac{2}{3}x^{3/2} = \sqrt{2g}Rt + C_2 \qquad (11)$$

Bunda C_2 o'zgarmas quyidagiga teng bo'ladi

$$C_2 = \frac{2}{3}R^{3/2}$$

C_2 **ni qiymatini hisobga olgan holda (11) ga qo'ysak**

$$x = \left[R^{3/2} + \frac{3R}{2}\sqrt{2gt}\right]^{2/3} \qquad (12)$$

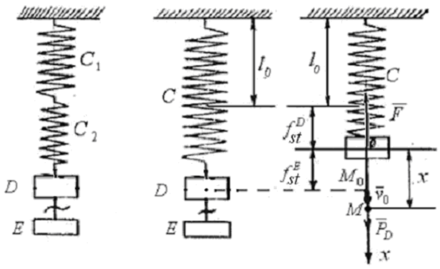
kelib chiqadi.

(12) tenglama moddiy nuqta harakatining qonunini ifodalaydi.

6. Nuqtaning tebranma harakati.

19-MASALA.

Bikirlik koeffitsientlari tegishlicha $c_1 = 1800N/m$ va $c_2 = 600N/m$ bo'lgan o'zaro ketma-ket ulangan prujinalarga mas- salari $m_D = 1{,}5kg$, $m_E = 0{,}5kg$ bo'lgan *D* va E yuklar ortilgan bo'lib, ular statik muvozanat holatida tinch turadi (27-shakl). Agar *D* va *E* yuklarni birlashtiruvchi sterjen qirqib tashlanib, vertikal bo'ylab pastga yo'nalgan $v_0 = 0.4m/s$ boshlang'ich tezlik berilsa, *D* yukning harakat tenglamasi aniqlansin.



27-shakl.

Koordinata boshi *D* yukning statik muvozanat holatida olinsin. Shuningdek, *D* yukning tebranish amplitudasi va tebranish davri aniqlansin.

Yechish:

Ketma-ket ulangan bikirliklari C_1 va C_2 bo'lgan ikkita prujinalarni ekvivalent prujina bilan almashtirib, uning bikirligini quyidagi formula bilan aniqlaymiz, ya'ni:

$$c = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$$

D va *E* yuklarni tutashtiruvchi sterjen qirqib tashlansa, D yuk $\overline{v}_0$ boshlang'ich tezlik bilan harakatlana boshlaydi. D yukning statik muvozanat holatini koordinata boshi deb olib, *Ox* o'qini harakat yo'nalishi bo'yicha vertikal pastga yo'naltiramiz. *D* yukning *M* holatida unga qo'yilgan D yukning og'irlik kuchi $\overline{P}_D$ va ekvivalent prujinaning elastiklik kuchi $\overline{F}$ ni shaklda tasvirlaymiz. Boshlang'ich shartlarni aniqlaymiz. Masala shartiga ko'ra boshlang'ich paytda prujina *D* va *E* yuklar ta'sirida mos ravishda, f_{st}^D va f_{st}^E statik deformatsiya olib, *D* yukning M_0 holatida boshlang'ich shartlar quyidagicha yoziladi:

$$t=0 \text{ da } x=x_0=f_{st}^{E};\ v=v_0 \tag{1}$$

D yukning *Ox* o'qi bo'ylab harakati differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m_D\frac{d^2x}{dt^2}=\sum_{i=1}^{n}F_{ix} \tag{2}$$

Bu yerda: $\sum_{i=1}^{n}F_{ix}$ ifoda *D* yukka ta'sir etuvchi kuchlarning *Ox* o'qidagi proyeksiyasi, ya'ni:

$$\sum_{i=1}^{n}F_{ix}=P_D-F \tag{3}$$

Elastiklik kuchi:

$$F=c\left(x+f_{st}^{D}\right) \tag{4}$$

Og'irlik kuchi:

$$P_D=c\,f_{st}^{D} \tag{5}$$

ga teng. (4) va (5) tenglamalarni (3) ga olib borib qo'ysak, harakat differensial tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$m_D\frac{d^2x}{dt^2}=cf_{st}^{D}-cx-cf_{st}^{D}\rightarrow\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{c}{m_D}x=0 \tag{6}$$

Bu yerda: $k^2=\dfrac{c}{m_D}$ belgilash kiritsak, (6) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi, ya'ni:

$$\ddot{x}+k^2x=0 \tag{7}$$

(7) tenglamadan ko'rinib turibdiki, *D* yuk erkin tebranma harakat qiladi. Bu differensial tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$x=x_0\cos kt+\frac{v_0}{k}\sin kt \tag{8}$$

Hisoblashlarni bajarib,(8) tenglamaga qo'yamiz.

$$c=\frac{c_1c_2}{c_1+c_2}=\frac{1800\times600}{1800+600}=450\,N/m \tag{9}$$

$$k=\sqrt{\frac{c}{m_D}}=\sqrt{\frac{450}{1{,}5}}=\sqrt{300}=17{,}3s^{-1}$$

$$\frac{v_0}{k}=\frac{0{,}4}{17{,}3}=0{,}023\,(m)$$

$$m_Eg=cf_{st}^{E}$$

Biz bilamiz:

$$x_0=f_{st}^{E}=\frac{m_Eg}{c}=\frac{0{,}5\times9{,}8}{450}=0{,}011(m) \tag{10}$$

(9) va (10) ifodalarni (8) ga olib borib qo'ysak, *D* yukning harakat qonuni kelib chiqadi:

$$x=0{,}011\cos17{,}3t+0{,}023\sin17{,}3t(m) \tag{11}$$

D yuk erkin tebranma harakatda bo'lgani uchun tebranish davri teng:

$$T=\frac{2\pi}{k}=2\pi\sqrt{\frac{m_D}{c}}=0{,}6\pi\ s \tag{12}$$

Tebranish amplitudasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$a=\sqrt{x_0^2+\left(\frac{v_0}{k}\right)^2}=\sqrt{(0{,}011)^2+(0{,}023)^2}=0{,}0255\,(m) \tag{13}$$

20-**MASALA.**

O'zaro parallel bo'lgan bir xil ikkita prujina *LN* sterjen bilan biriktirilgan bo'lib, ularning massasi $m_D = 5kg$ bo‘lgan *D* yuk ta‘siridan olingan statik deformatsiyasi $f_{st}^D = 2sm$. *D* yuk ustiga $m_E = 5kg$ massali *E* yuk qo‘yilishi bilan yuklarning harakatiga tezlikning birinchi darajasiga proporsional bo‘lgan *R = 60 v (N)* kuch ta‘sir qila boshlaydi (28 *a* - shakl). 0 koordinata boshini *D* va *E* yuklarning statik muvozanat holatida olib,o‘qni vertikal bo‘yicha pastga yo‘naltirib, yuklarning birgalikdagi harakat qonuni topilsin. *LN* sterjen massasi va dempfer qismlarining massasi hisobga olinmasin.

Yechish:

O‘zaro parallel ulangan va bikirliklari teng ikki prujinani ularga ekvivalent bo‘lgan bitta prujina bilan almashtiramiz (28 b-shakl).

$$c = c_1 + c_1 = 2c_1 \tag{1}$$

Koordinata o‘qini masala shartida ta’kidlangani kabi tanlaymiz. *D* va *E* yuklarni M nuqta deb qaraymiz (28 d -shakl). M nuqtaga *D* va *E* yuklarning og‘irlik kuchlari $\overline{P}_D, \overline{P}_E$, muhitning qarshilik kuchi $\overline{R}$ va prujina elastik kuchi $\overline{F}$ ta‘sir qiladi.

Bu kuchlar 28-shaklda tasvirlangan. Boshlang‘ich shartlar quyidagicha bo‘ladi:

$$t = 0,\ x = x_0 = -f_{st}^E,\ v = v_0 = 0. \tag{2}$$

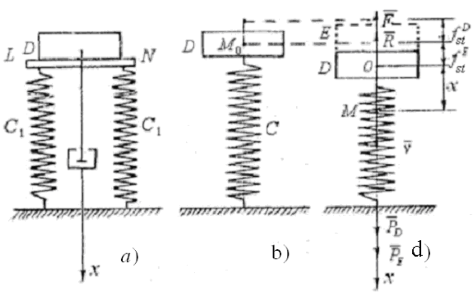
Bunda f_{st}^E ekvivalent prujinaning *E* yuk ta’siridagi statik deformatsiyasi:

$$f_{st}^E = \frac{P_E}{c} = \frac{m_E g}{c} \tag{3}$$

M moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$(m_D + m_E)\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{ix} \tag{4}$$

Bu tenglamada $\sum F_{ix} = P_D + P_E - F - R$ bo‘lishini e’tiborga olsak,
(4) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:



28-shakl.

$$(m_D + m_E)\frac{d^2x}{dt^2} = P_D + P_E - F - R \tag{5}$$

Bunda:

$$F = cf\ ;\ F = c\left(f_{st}^D + f_{st}^E + x\right);\ R = 60v = 60\frac{dx}{dt}; \qquad P_D + P_E = c\left(f_{st}^D + f_{st}^E\right)$$ bo‘lgani

uchun (5) quyidagicha yoziladi:

$$(m_D + m_E)\frac{d^2x}{dt^2} + 60\frac{dx}{dt} + cx = 0 \tag{6}$$

Tenglamaning ikki tomonini $(m_D + m_E)$ga bo‘lib, quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{60}{m_D + m_E}\frac{dx}{dt} + \frac{c}{m_D + m_E}x = 0 \tag{7}$$

Belgilashlar kiritamiz, ya’ni:

$$\frac{c}{m_D + m_E} = k^2 \rightarrow \frac{60}{m_D + m_E} = 2n. \qquad (8)$$

(8) ni (7)ga qo‘ysak, differensial tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2n\frac{dx}{dt} + k^2x = 0 \qquad (9)$$

(9) differensial tenglamaning yechimini yozishdan avval (8) dan n va k larning qiymatlarini aniqlab taqqoslaymiz:

$$n = \frac{60}{2(m_D + m_E)} = 3s^{-1}$$

Masalaning shartiga ko‘ra, prujinalarning D yuk ta’siridagi statik deformatsiyasi $f_{st}^D = 2(sm) = 0.02(m)$ ga teng. U holda $P_D = c_1 \cdot f_{st}^D$ tenglikdan quyidagi natija kelib chiqadi:

$$c_1 = \frac{P_D}{f_{st}^D} = \frac{m_D g}{f_{st}^D} = \frac{5 \cdot 9.8}{0.02} = 2450 \ \ N/m$$

Prujinalar parallel ulangani uchun ekvivalent prujina bikrligi

$$c = 2c_1 = 4900 \ N/m$$

(8) tenglamadan k ni hisoblaymiz:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m_D + m_E}} = \sqrt{\frac{4900}{10}} = 22{,}3s^{-1}$$

Demak, $n < k$ bo‘lib, kichik qarshiliklar bo‘lgan holi bo‘lib, (9) differensial tenglamaning berilgan boshlang‘ich shartlarni qanoatlantiruvchi yechimi (10) tenglama bilan ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}\left(x_0 \cos\sqrt{k^2 - n^2}\,t + \frac{n x_0 + v_0}{\sqrt{k^2 - n^2}} \sin\sqrt{k^2 - n^2}\,t\right) \qquad (10)$$

(*6.10) tenglamaga tegishli hisoblashlarni bajaramiz:

$$x_0 = -f_{st}^E = -\frac{m_E g}{c} = -\frac{5 \cdot 9{,}8}{4900} = -0.01(m);$$

$$\sqrt{k^2 - n^2} = \sqrt{481} = 21{,}93s^{-1}; \qquad (11)$$

$$\frac{nx_0 + v_0}{\sqrt{k^2 - n^2}} = \frac{-3 \cdot 0{,}01}{21{,}93} = -0{,}0014\ (m)$$

(11) qiymatlarni (10) ga qo‘yib, D va E yuklarning birgalikdagi harakat qonunini aniqlaymiz:

$$x = -e^{-3t}\left(0{,}01\cos 21{,}93t + 0{,}0014\sin 21{,}93t\right)(m)$$

Shunday qilib, yuklar so‘nuvchi tebranma harakat qilar ekan.

21-**MASALA.**

Ketma-ket ulangan, bikirliklari c_1 va c_2 bo‘lgan deformatsiyalanmagan prujinalarning B uchi qo‘zg‘almas bo‘lib, uning A uchiga D yuk biriktirilgan (29 a -shakl). Shu paytda pruji-naning B uchi qiya tekislik bo‘ylab $\xi = 2\sin 5t(sm)$ qonunga ko‘ra harakatlana boshlaydi. Yukning statik holatini koordinata boshi deb olib, uning harakat qonuni aniqlansin. Quyidagilar berilgan:

$m_D = m = 2kg$; $c_1 = 12\,N/sm$; $c_2 = 8\,N/sm$ $\alpha = 30^0$.

Yechish:

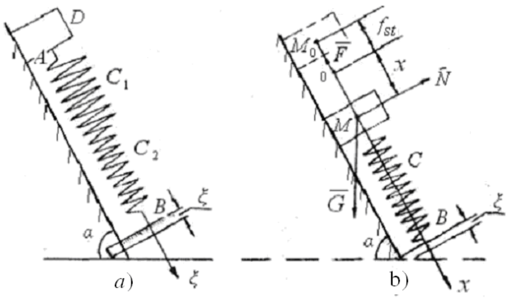
Ketma-ket ulangan prujinalarni ularga ekvivalent prujina bilan almashtiramiz. Ekvivalent prujina bikirligi

$$c = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = \frac{96}{20} = 4{,}8\,N/sm = 480\ N/m \qquad (1)$$

Koordinata o‘qini masala shartiga muvofiq ravishda o‘tkazamiz (29 b -shakl).

D yukni M nuqtaga olamiz. M nuqtaga *D* yukning og‘irlik kuchi $\overline{G}$, prujinaning elastiklik kuchi $\overline{F}$ ta’sir etadi. Boshlang‘ich shartlar quyidagidan iborat:

$$t = 0,\ x = x_0 = -f_{st},\ v = v_0 = 0. \tag{2}$$



29-shakl

$$\sum F_{ix} = G\sin\alpha - F \tag{3}$$

(3) tenglamani e’tiborga olib, M nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = G\sin\alpha - F \tag{4}$$

Bunda :

$$F = cf = c(f_{st} + x - \xi);\ G\sin\alpha = c\cdot f_{st};\ \xi = 0{,}02\sin 5t. \tag{5}$$

ga teng. Qiymatlarni tenglamaga olib borib qo‘ysak, (4) differensial tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -cx + c\cdot 0{,}02\sin 5t. \tag{6}$$

(6) tenglamani hadma-had *m* ga bo‘lsak, quyidagi tenglama hosil bo‘ladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{c}{m}x + \frac{c}{m}0{,}02\sin 5t \tag{7}$$

Belgilashlarni kiritamiz:

$$k^2 = \frac{c}{m};\ h = \frac{0{,}02\cdot c}{m};\quad p = 5s^{-1}. \tag{8}$$

Natijada differensial tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2x = h\sin\ pt \tag{9}$$

Bu tenglama yechimini yozishdan avval *k* va *r* ni taqqoslaymiz:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{480}{2}} = 15{,}6\,s^{-1}. \tag{10}$$

Shunday qilib, *k*>*p* ekan. Demak, (9) tenglama yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = x_0\cos kt + \frac{\vartheta_0}{k}\sin kt - \frac{ph}{k(k^2 - p^2)}\sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2}\sin\ pt. \tag{11}$$

(11) tenglamaga tegishli hisoblarni bajaramiz:

$$x_0 = -f_{st} = -\frac{mg\sin\alpha}{c} = -\frac{2\cdot 9{,}8\cdot 0{,}5}{480} = -0{,}02\ (m)$$

$$h = \frac{0{,}02\,c}{m} = \frac{0{,}02\cdot 480}{2} = 4{,}8\ m/s^2$$

$$\frac{h}{k^2-p^2}=\frac{4,8}{240-25}=0,02(m);$$

$$\frac{p}{k}\cdot\frac{h}{k^2-p^2}=\frac{5}{15,6}\cdot 0.02=0.0064(m)$$

Bu qiymatlarni (11) tenglamaga qo‘yib, *D* yukning harakat qonunini hosil qilamiz:

$$x=-0.02\cos 15,6t-0.0064\sin 15,6t+0.02\sin 5t(m) \qquad (12)$$

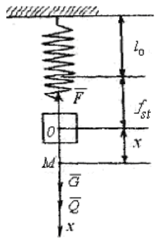
(12) tenglamaga asosan *D* yukning harakati majburiy tebranma harakatdan iborat.

22 **-MASALA.**

Bikirligi $c=1600N/m$ bo‘lgan prujinaga osilgan, massasi $m=1kg$ bo‘lgan *M* yuk $Q=100\sin 40t(N)$ uyg‘otuvchi kuch ta‘sirida tebranma harakat qiladi. Yukni moddiy nuqta deb hisoblab, uning majburiy tebranishi aniqlansin. Koordinata boshi uchun yukning statik muvozanat holati olinsin (15-shakl).

Yechish:

Koordinata o‘qini masala shartiga mos tanlaymiz. Moddiy nuqtaga *M* yukning og‘irlik kuchi $\overline{G}$, prujina elastiklik kuchi $\overline{F}$, uyg‘otuvchi kuch $\overline{Q}$ ta’sir qiladi. Yukning faqat majburiy tebranishini aniqlash lozim bo‘lgani uchun boshlang‘ich shartlar aniqlanmaydi (prujinaning tabiiy uzunligini l_0 deb ko‘rsatamiz).



15-shakl

Yukning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=\sum F_{kx}$$

Bu yerda : $\sum F_{kx}=G+F+Q$ ga teng.

Differensial tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=G+F+Q \qquad (*4.1)$$

Bu yerda: $F=c(f_{st}+x)$, $G=cf_{st}$, $Q=100\sin 40t$ ekanligini e’tiborga olsak, (*8.1) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=-cx+100\sin 40t \qquad (*4.2)$$

Belgilashlarni kiritamiz:

$$k^2=\frac{c}{m};\ h=\frac{100}{m};\ p=40\ s^{-1}.$$

U holda :

$$\frac{d^2x}{dt^2}+k^2x=h\sin pt \qquad (*4.3)$$

differensial tenglama hosil bo‘ldi.

k va *r* larning qiymatlarini hisoblab taqqoslaymiz:

$$k=\sqrt{\frac{c}{m}}=\sqrt{\frac{1600}{1}}=40\,s^{-1} \qquad (*4.4)$$

Demak, $k=p$ bo‘lib, rezonans holi kelib chiqadi:

(*4.3) tenglamaning majburiy tebranishlar yechimi:

$$x=-\frac{h}{2k}t\cos kt. \qquad (*4.5)$$

ko‘rinishda ifodalanadi. Bunda:

$$\frac{h}{2k}=\frac{100}{80}=1{,}25\ m/s \qquad (*4.6)$$

(*4.6) va (*4.4) qiymatlarni (*4.5) tenglamaga qo‘ysak, majburiy tebranish qonuni kelib chiqadi, ya’ni:

$$x=-1{,}25\,t\cos 40t\,(m).$$

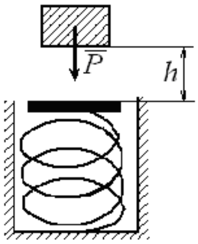
7.Sistema kinetik energiyasining o’zgarishi haqidagi teoremani qo’llashga doir masalalar.

23- MASALA.

Og‘irligi P bo‘lgan jism h balandlikdan boshlang‘ich tezliksiz prujina ustiga tushadi. Agar jism ta‘sirida prujinaning statik siqilishi λ_{st} desak, eng katta siqilishi λ aniqlansin. Prujina massasi hisobga olinmasin (30-shakl).

Yechish:

Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremadan foydalanamiz:



$$\frac{mv^2}{2}-\frac{mv_0^{\,2}}{2}=A$$

Boshlang‘ich paytda $v_0=0$ va eng katta siqilishda $v=0$. Demak $A=0$. Jism prujinaga kelib urilganda unga asosan ikkita kuch ta‘sir etadi: og‘irlik kuchi P va prujinaning elastiklik kuchi. Og‘irlik kuchi $h+\lambda$ ko‘chishda; elastiklik kuchi λ ko‘chishda ish bajaradi. Demak:

30-shakl.

$$A=P(h+\lambda)-\frac{c}{2}\lambda^2=0 \qquad (1)$$

Bu yerda, $P=c\lambda_{st}$ bo‘lib, undan $c=\dfrac{P}{\lambda_{st}}$ ga teng. Ifodani (1) ga qo‘yamiz:

$$P(h+\lambda)-\frac{P}{2\lambda_{st}}\lambda^2=0 \qquad (2)$$

(2) tenglamani hadma-had P ga bo‘lsak:

$$(h+\lambda)-\frac{1}{2\lambda_{st}}\lambda^2=0$$

yoki

$$\lambda^2-2\lambda_{st}\lambda-2\lambda_{st}h=0 \qquad (3)$$

kelib chiqadi. (3) kvadrat tenglamani yechsak:

$$\lambda=\lambda_{st}+\sqrt{\lambda_{st}^2+2\lambda_{st}h} \qquad (4)$$

(4) ildizning musbat ishorasi olinadi, chunki $\lambda>\lambda_{st}$. Agar $h=0$ bo‘lsa, $\lambda=2\lambda_{st}$ kelib chiqadi. Demak, jismning prujinaga dinamik ta‘sirida prujinaning eng katta siqilishi statik siqilishidan ikki barobar katta ekan.

24- MASALA.

Gorizontal tekislikda ishqalanishsiz harakat qiluvchi B g‘ildirakning A blokdan o‘tkazilgan ipga osilgan og‘irligi $\overline{Q}$ bo‘lgan M yuk harakatga keltiradi. Blok A va B g‘ildirakning og‘irliklari, radiuslari teng bo‘lib, $\overline{P};R$ larga tengdir. Ular bir jinsli disklar deb qaralsin. G‘ildirakning yumalashdagi ishqalanish koeffitsienti k ga teng. G‘ildirak va blok o‘qlaridagi ishqalanish, ipning massasi hisobga olinmasin. M yukning tezligini tushish balandligi h ga bog‘lab aniqlansin. Boshlang‘ich paytda sistema tinch holatda deb qaralsin

(31-shakl).

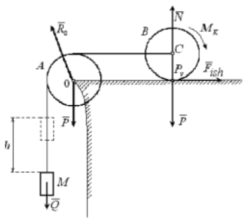
Yechish:

Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaga asosan:

$$T - T_0 = \sum A_k^i + \sum A_k^e \qquad (1)$$

Bu tenglamada sistema boshlang‘ich paytda tinch holatda bo‘lgani uchun $T_0 = 0$ bo‘ladi. Yuk, blok va g‘ildirakning kinetik energiyalarini mos ravishda T_1, T_2, T_3 deb belgilasak, u holda:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \qquad (2)$$



31-shakl.

$$T_1 = \frac{Q}{g}\frac{v^2}{2}\,;\, T_2 = J_{Oz}\frac{\omega_A^2}{2}\,;\, T_3 = \frac{P}{g}\frac{v_C^2}{2} + J_{Cz}\frac{\omega_B^2}{2} \qquad (3)$$

ga teng. Bu yerda:

$$J_{Oz} = J_{Cz} = \frac{P}{g}\frac{R^2}{2}\,; \quad \omega_A = \frac{v}{R}; \quad v_C = v\,; \quad \omega_B = \frac{v_C}{R} = \frac{v}{R} \qquad (4)$$

(3) va (4) tenglamalarni (2) ga olib borib qo‘ysak:

$$T = \frac{v^2}{4g}\left(2Q + 3P + P\right) = \frac{v^2}{4g}\left(Q + 2P\right) \qquad (5)$$

(1) tenglamaning o‘ng tomonidagi ichki va tashqi kuchlarning bajargan ishlarini hisoblaymiz. Ipning tortilish kuchining bajargan ishi nolga teng bo‘lgani uchun, ip bilan tortilgan barcha qattiq jism uchun $\sum A_k^i = 0$ tenglik o‘rinlidir. Blok og‘irligi $\overline{P}$ kuchning va o‘qning $\overline{R}_0$ reaksiya kuchlarining bajargan ishlari nolga teng, chunki ular qo‘zg‘almas O nuqtaga qo‘yilgan. G‘ildirakning og‘irligi $\overline{P}$ ning yo‘nalishi ko‘chishga perpendikulyar bo‘lgani uchun, $\overline{N}; \overline{F}$ kuchlarning yo‘nalishi tezliklar oniy markaziga qo‘yilgani uchun bajargan ishlari nolga teng. Bu masalada ishni $\overline{Q}$ kuch va tekislikda g‘ildirakning yumalashiga qarshilik qiluvchi juft kuch momenti M_k bajaradi. Ya‘ni:

$$\sum A_k^e = Q \cdot h - M_k \varphi \qquad (6)$$

(6) tenglamadagi $\varphi -$ M yuk h masofaga tushganda B g‘ildirakning burilish burchagidir.

Biz bilamizki,

$$M_k = kN = kP = const, \quad \varphi = \frac{h}{R} \qquad (7)$$

ga teng. (7) tenglikni (6) ga qo‘ysak,

$$\sum A_k^e = Q \cdot h - kP\frac{h}{R} \qquad (8)$$

kelib chiqadi. (5) va (8) tenglamani (1) ga qo‘ysak,

$$\frac{v^2}{4g}(Q+2P)=h\left(Q-\frac{k}{R}P\right);$$

$$v=\sqrt{\frac{2gh\left(Q-\frac{k}{R}P\right)}{Q+2P}} \qquad (9)$$

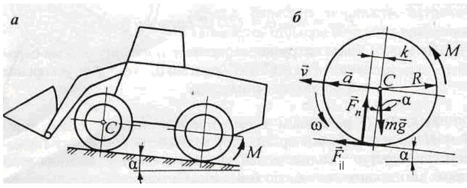
(9) tenglama M yukning h balandlikdan tushish tezligini ifodalaydi.

25- MASALA.

Bir cho‘michli ortuvchi mashinaning tezlanishi aniqlansin (32 a ,shakl), agarda ma’lum bo‘lsa : ortuvchi mashinaning to‘liq massasi $m=24\ T$; g‘ildiraklarning umumiy massasi $m_k=2T$; g‘ildirak radiusi $R=0{,}77\,m$; C nuqtadan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan g‘ildiraklarning inersiya radiusi $i_C=0{,}57\,m$; burchark $\alpha=5^0$; dumalashdagi ishqalanish koeffitsienti $\delta=0{,}06\,m$; yetakchi o’qdagi aylantiruvchi moment $M=40\ kN\cdot m.$

Yechish:

Masala shartiga asosan ortuvchi mashinaning tezlanishini aniqlaymiz. Buning uchun sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasidan foydalanamiz.



32-shakl.

Ya’ni: $$\frac{dT}{dt}=\sum_{j=1}^{k}P_j^e+\sum_{q=1}^{\nu}P_q^i \qquad (1)$$

$j=1,....,k-$tashqi kuchlar soni; P_j^e-tashqi kuchlar quvvati ; $k-$sistemaga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar soni; $q=1,.....,\nu-$ ichki kuchlar soni; P_q^i- ichki kuchlar quvvati; $\nu-$ sistemaga ta’sir etuvchi ichki kuchlar soni. Sistema kinetic energiyasi T, ilgarilanma harakat qiluvchi ortuvchining korpusi va cho‘ michining kinetic energiyasi $T_П$ hamda tekbis parallel harakat qiluvchi g‘ildirakning kinetic energiyasi $T_к$ larning yig‘indi- sidan iborat. Belgilashlar kiritamiz: $m_П-$ korpusning massasi (g’ildirak hisobga olinmaydi); $v-$mashina tezligi; $\omega_к-$ g‘ildiraklarning burchak tezligi; C nuqtadan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan g‘ildirakning inersiya momenti J_k .

Sistema kinetic energiyasi teng:

$$T=0{,}5\left(m_П v^2+m_k v^2+J_k\omega_k^2\right). \qquad (2)$$

$m=m_П+m_k$; $\omega_k=\dfrac{v}{R}$; $J_k=m_k i_k^2$ hisobga olsak

(2) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$T=0{,}5\,v^2\left[m+m_k(i_C/R)^2\right].$$

Korpusning hamma nuqtalarining tezliklari va g‘ildirakning radiusi, dumalashdagi ishqalanishlari bir xil bo‘lgani uchun quvvatining balansini o‘zgartirmay hamma og‘irliklar etaklovchi g‘ildirakka tushadi (32 б, shakl).Shakldan ko‘rinib turibdiki, tayanchning normal reaksiya kuchi $F_n = mg\cos\alpha$, F_{il} ilashish kuchining quvvati nolga teng , chunki kuch tezliklar oniy markaziga qo‘yilgan. Hamma kuchlarning quvvati teng:

$$\sum P = M\omega_k + mg\,v\cos\left(90^0+\alpha\right) - F_n k\omega_k =$$
$$= \left[M/R - mg\sin\alpha - \left(mgk/R\right)\cos\alpha\right]\cdot v =$$
$$= \left\{M/R - mg\left[\sin\alpha + \left(k/R\right)\cos\alpha\right]\right\}v.$$

Kinetic energiya va quvvatning qiymatlarini (1) tenglamaga qo‘ysak:

$$\left[m + m_k\left(i_C/R\right)^2\right]\cdot v\,dv/dt = \left\{M/R - mg\left[\sin\alpha + \left(k/R\right)\cos\alpha\right]\right\}v,$$

$a = \dfrac{dv}{dt}$ ekanligini e’tiborga olsak:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{M/R - mg\left[\left(k/R\right)\cos\alpha + \sin\alpha\right]}{m + m_k\left(i_C/R\right)^2}$$

Yoki $$a = \frac{40/0{,}77 - 24\cdot 9{,}81\left[\left(0{,}06/0{,}77\right)\cos 5^0 + \sin 5^0\right]}{24 + 2\cdot\left(0{,}57/0{,}77\right)^2} = 0{,}524\ м/сек^2$$

Javob: $$a = \frac{M/R - mg\left[\left(k/R\right)\cos\alpha + \sin\alpha\right]}{m + m_k\left(i_C/R\right)^2} = 0{,}524\ м/сек^2.$$

XISOB-GRAFIK ISHI VARIANTLARI MAVZULARI, BAJARISHGA USLUBIY KO‘RSATMALAR

Xisob-grafik ishi variantlari mavzulari, bajarishga uslubiy koʻrsatmalar

Talabalarni fanni toʻliq oʻzlashtirishlari uchun, mustaqil masalalar yecha olishlarida fikrlash jarayonini shakllantirish va chuqurlashtirish maqsadida hisob-grafik ishlari asosiy dasturamal boʻladi. Hisob-grafik ishlari dars soatlarini va ta'lim yoʻnalishlarini hisobga olgan holda har bir oʻqitilayotgan semestr uchun 3 ta topshiriqdan iboratdir. Topshiriqlar Anorqulov T., Xusanov Q., Komiljonov A.lar tomonidan tarjima qilingan I.V. Yablonskiyning «Nazariy mexanikadan kurs ishlari uchun topshiriqlar toʻplami» kitobidan yoki kafedra professor, oʻqituvchilari va boshqa mualliflar tomonidan tuzilgan topshiriqlar majmuasidan olinib, har bir talaba uchun alohida variant beriladi. Bu topshiriqlar «Nazariy mexanika» faning 3 ta boʻlimini oʻz ichiga olgan boʻlib, kuch momentlarini hisoblash, kuchning oʻqdagi va tekislikdagi proeksiyasi, muvozanat tenglamalarini tuzishni oʻrganish uchun tekislikdagi va fazodagi ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi muvozanatiga doir va shu kabi masalalarni oʻz ichiga oladi. «Nazariy mexanika» fundamental fanini hozirgi zamon texnikasi va texnologiyalarida ishlatilayotgan mashina va mexanizmlar ishchi qismlarining kinematik parametrlarini hisoblash va ularni qoʻllay bilish uchun tezlik va tezlanish tushunchalari juda muhim boʻlib, ularni hisoblashni oʻrganish maqsadida kinematika boʻlimidan ham topshiriqlar beriladi. Harakatni kuchlarga bogʻlab oʻrganish, differensial tenglamalarni yechish, hozirgi zamon texnikasining eng asosiy muammolaridan biri tebranish va vibratsiyadan tushunchalar berish maqsadida, mexanik tizim uchun kinetik energiya tushunchasi va uning oʻzgarishi haqidagi teoremani qoʻllash, analitik mexanikadan dastlabki tushunchalar berish maksadida dinamika boʻlimidan topshiriqlar kiritiladi. Umuman olganda «Nazariy mexanika» fani fundamental fan boʻlib, talabalarga bundan keyin oʻrgatiladigan tadbiqiy fanlar, amaliy mexanika, mashina va mexanizmlar nazariyasi, mashina detallari va tadbikiy mutaxassislik fanlarini oʻrganishida koʻprik vazifasini bajaruvchi fanlar turkumiga kiradi. Shuning uchun ham «Nazariy mexanika» fanidan hisob-grafik ishlarini kiritilishi va oʻquv jarayoniga tadbiq etilishi talabalarning umumkasbiy fanlariga qiziqishlarida, hamda fundamental va tadbiqiy fanlarning uzviyliklarini ta'minlashga asos boʻladi.

Hisob –grafik ishlarining mavzulari

Statika boʻlimidan:

1.C-1. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta'siridagi jismning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash;

2.C-7 Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta'siridagi jismning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash;

Kinematika boʻlimidan:

3.K-1. Nuqta kinematikasi;

4.K-3. Tekis –parallel harakat;

4.K-7. Nuqtaning murakkab harakati;

Dinamika boʻlimidan:

5. Д-1 Harakat differensial tenglamalarini integrallash;

6. Д-3 Nuqtaning tebranma harakati.

7.Д-10 Mexanik sistema harakatini oʻrganishda sistema kinetik energiyasining oʻzgarishi haqidagi teoremani qoʻllash.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

X. N. HABIBULLAYEVA

«Nazariy mexanika» fanining

TEKISLIKDA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASI TA’SIRIDAGI JISMLARNING TAYANCH REAKSIYA KUCHLARINI ANIQLASH

mavzusiga uslubiy ko‘rsatma

Fanning o‘quv dasturida keltirilgan ta’lim sohasidagi hamma bakalavriyat ta’lim yo‘nalishlari uchun

Toshkent – 2013

UDK. 531.8

X.N.Habibullayeva. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta’siridagi jismlarning tayanch reaksiya kuchlarini aniqiash. Uslubiy ko‘rsatma. Toshkent davlat texnika universiteti, -Toshkent, 2013, 46 b.

Texnikaning barcha sohalarida, ayniqsa, umumiy mashinasozlik, asbobsozlik вa aniq mashinasozlik, qurilish, avtomatika, mikrorobotlar texnikasida, tabobat, hisoblash, kosmik va maxsus texnikaning rivojlanishi va ularning mexanizmlarini, uskunalarini yaratishda talabalarning «Nazariy mexanika» fanidan olgan bilimlari asosiy o‘rinni egallaydi.

Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan bo‘lgan «Nazariy mexanika» fanini talabalar tomonidan chuqur o‘zlashtirilishi uchun o‘quv jarayonida hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun ko‘rsatma materiallardan, uslubiy ko‘rsatmalardan, yangi informatsion texnologiyalar va multimedia usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Talabalar ushbu uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan mavzu bo‘yicha hisoblash-grafik ishlarini bajaradilar. Statika bo‘limining asosiy mavzularidan biri «Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta’siridagi jismlarning tayanch reaksiya kuchlarini aniqiash»dir. Uslubiy ko‘rsatmada mavzuning nazariy qismi yoritilgan va hisoblash-grafik ishlarini bajarishda foydalanish uchun variant masalalaridan namunalar yechib ko‘rsatilgan. Talabalar o‘z bilimlarini tekshirishlari uchun qisqa masalalar javoblari bilan keltirilgan. Uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan namunalarga asoslanib, talabalar berilgan topshiriqlarni mustaqil ravishda bajarishlari mumkin. Uslubiy ko‘rsatma talabalarning nazariy va amaliy bilimlarini oshirishda, mustaqil ta’limlarida hamda tekshiruv ishlarini bajarishda yaqindan yordam beradi.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga ko‘ra chop etildi

Taqrizchilar:

N.T. Mamatova – O‘zbekiston Milliy Universiteti «**Nazariy va tadbiqiy** mexanika» kafedrasi dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi,

Z.M. Qurbonova – Toshkent Davlat Texnika Universiteti «Materiallar qarshiligi va mexanika» kafedrasi katta o‘qituvchilari

K I R I S H

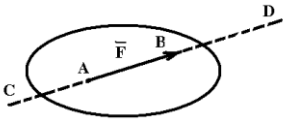
«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlar turkumiga kirib, barcha mutaxassisliklar bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda dasturiy fanlardan biridir. Hozirgi zamon texnikasini jadal sur’atlar bilan rivojlanib borishi, ishlab chiqarish jarayonlariga texnologik talablarni hisobga olgan holda parametrlari va bog‘lanishlari boshqariladigan mashina va mexanizmlarni keng tatbiq etish va ularning asosiy ishchi qismlari harakatlarini, nazariy asoslarini yaratishda umummuhandislik fanlarining asosi bo‘lgan «Nazariy mexanika» fani qonunlari va prinsiplariga asoslanadi. Shuning uchun ham bu fanda o‘rganiladigan barcha mavzular har qanday murakkab mashina va jihozlarning ishlash sirlarini anglab yetishda dasturulamal vazifasini bajaradi.

«Nazariy mexanika» fani bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlarni o‘tkazishda masalalar yechishdan tashqari hisoblash-grafik ishlari bajariladi. Hisoblash-grafik ishlari uchun masalalar talabaning shaxsiy xususiyatlarini, bilimini e’tiborga olingan holda tanlanishi lozim. Shuning uchun «Nazariy mexanika» fanini o‘tishda masalalarni tanlash, hisoblash - grafik ishlarini bajarish uchun fandan unumli foydalanish darkor. Talabalarning fikrlash jarayonini to‘g‘ri yo‘lga solish uchun hisoblash-grafik ishlari asosiy negizdir. Talabalar masalalar yechishdan tashqari hisoblash-grafik ishlarini bajarish orqali fandan olgan bilimlarini mustahkamlaydilar. Ma’ruza, amaliyot darslarida o‘tilgan mavzularni mustahkamlash va chuqur o‘zlashtirish uchun hisoblash-grafik ishlarini bajarish zarurdir.

1-§. Statikaning asosiy tushunchalari va ta’riflari

«Nazariy mexanika» fanining «Statika» bo‘limida kuchlar ta’siridagi jismlarning muvozanat shartlari, ularga qo‘yilgan kuchlarni qo‘shish va ayirish, bu kuchlarni ta’sir jihatidan ekvivalent bo‘lgan boshqa kuchlar sistemasi yoki bitta kuch bilan almashtirish masalalari ko‘riladi.

Statikanig asosiy tushunchalaridan biri kuchdir. Kuch vek- tor kattalik bo‘lib, miqdorga, yo‘nalishga, qo‘yilgan nuqtaga ega- dir. Kuch vektori $\overline{F}$, qiymati F bilan belgilanadi. Kuch vektori yotgan chiziq (CD) kuchning ta’sir chizig‘i deyiladi (1-shakl).



1-shakl

Kuchlar sistemasi bu boror nuqtaga yoki jismga ta’sir etuvchi bir necha kuchlar to‘plamidir.

Jismning harakati yoki tinchligini o‘zgartirmay kuchlar sistemasining jismga beradigan ta'sirini boshqa kuchlar sistemasi bilan almashtirsak ular o‘zaro ekvivalent deyiladi. Kuchlar sistemasining jismga beradigan ta’sirini bitta kuch bilan almashtirsak teng ta’sir etuvchi kuch deyiladi. Kuchlar sistemasi ta’sirida jism harakati yoki tinchligini o‘zgartirmasa bunday kuchlar sistemasi o‘zaro muvozanatlashgan kuchlar sistemasi deyiladi.

Muvozanat deganda, jismlarning inersion harakatini ko‘zda tutmay, faqat ularning ma'lum jismga qo‘zg‘almas ravishda mahkamlangan koordinatalar sistemasiga nisbatan vaziyatinigina tushuniladi. Mexanikaning umumiy kursida faqat qattiq jismlarning muvozanatini tekshiramiz. Jism absolut qattiq jism deb faraz qilinadi, ya’ni kuchlar ta’sirida jismda olingan ikki nuqta orasidagi masofa o‘zgarmaydi.

Kuchlar sistemasi ta’siridagi qattiq jism muvozanatda bo‘li- shi uchun , bu kuchlar ma’lum muvozanat shartlarini qanoatlan- tirishlari kerak.

Bu shartlarni aniqlash statikaning asosiy masalasini tashkil etadi. Qattiq jism statikasida quyidagi ikki asosiy masala ko‘riladi:

1. Kuchlarni qo‘shish va qattiq jismga ta’sir etuvchi kuchlarni eng oddiy holga keltirish;

2. Qattiq jismga ta’sir etuvchi kuchlar sistemasining muvo- zanat shartlaridan foydalangan holda reaksiya kuchlarini aniqlash. Statika masalalari geometrik va analitik usullarda yechiladi. Statikaning asosiy qonunlari har qanday jismlarga bir xil tadbiq etiladi.

2-§. Bog‘lanishning asosiy turlari

Qattiq jism statikasi masalalarini yechishda, ko‘pincha, erksiz jismlar muvozanatini tekshirishga to‘g‘ri keladi.
Jismning harakatini cheklovchi sababga bog‘lanish deyiladi.
Bog‘lanishning jismga ko‘rsatadigan ta’sirini ifodalovchi kuchlar reaksiya kuchlari deyiladi. Reaksiya kuchlari jismning harakati qaysi tomondan cheklangan bo‘lsa shunga qarama- qarshi yo‘naladi. Bog‘lanishlarning asosiy turlarini ko‘rib chiqamiz:

1. Biror jism, boshqa qattiq, qo‘zg‘almas va sirti silliq qilib ishlangan jismga tegib tursa, reaksiya kuchi ikkala jism sirtlari- ning tegib turgan nuqtasi orqali o‘tkazilgan normal bo‘ylab yo‘naladi (2- shakl a, b, d).

a)

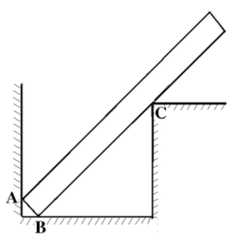
b)

d)

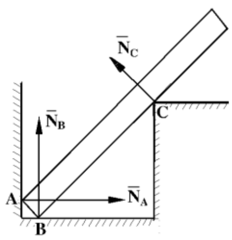
2-shakl

2. Agar jism tekisligiga bitta nuqtasi bilan tayansa, jism yoki tayanch tekisligiga normal o‘tkazish mumkin bo‘lsa, reaksiya kuchi mazkur normal bo‘yicha yo‘naladi (3-shakl a,b,d).

a)



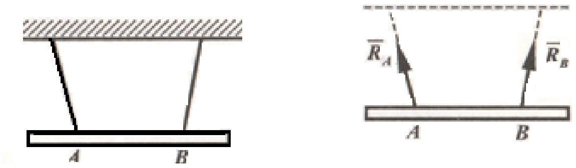
b)



d) 

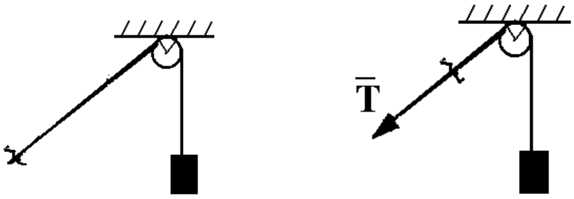
3-shakl

3. Jism qayish, zanjir, ip (yoki arqon) lar vositasida bog‘langan bo‘lsa (4-shakl a,b,d,e), shunindek vaznsiz qattiq sterjen orqali sharnir vositasida boshqa jismga biriktirilgan bo‘lsa (4-shakl f, g), mazkur bog‘lanishlarning reaksiya kuchlari qayish, zanjir yoki vaznsiz sterjen bo‘ylab yo‘naladi.



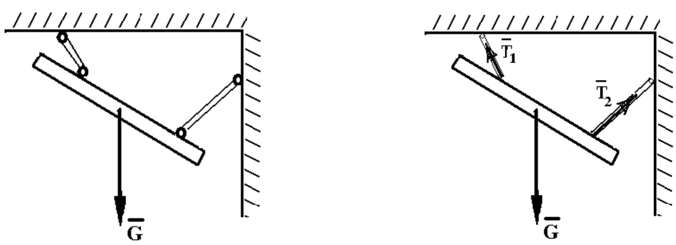
a)

b)

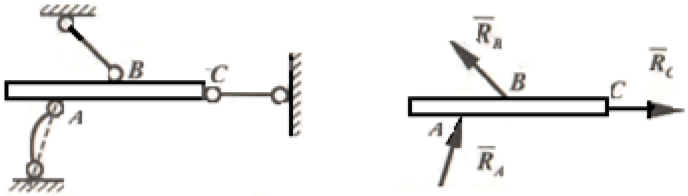


d)

e)



f)



g)

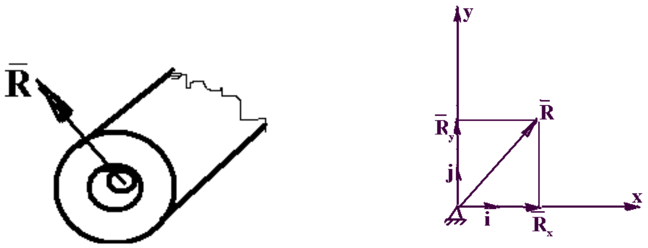
4- shakl

4. Jism silindrik sharnir yoki podshipniklar vositasida bog‘lan- gan bo‘lsa, bu holda bog‘lanish reaksiyasi $\bar{R}$ hamisha aylanish o‘qiga perpendikular bo‘ladi (5- shakl a). Jismga bir qancha kuchlar ta’sir etsa, sharnir reaksiyasining miqdori va yo‘nalishi ma’lum bo‘lmaydi. Bu holda noma’lum reaksiya kuchi koordi- nata o‘qlari bo‘ylab yo‘nalgan R_x va R_y tashkil etuvchilariga ajratiladi. Muvozanat tenglamalari yechilib tashkil etuvchilar aniqlanadi. Shakldagi $\bar{R}$ reaksiya kuchining moduli quyidagi formula bilan aniqlanadi: $\bar{R} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$.

Sharnir reaksiyasining yo‘nalishi esa yo‘naltiruvchi kosinuslar yordamida aniqlandi, ya’ni:

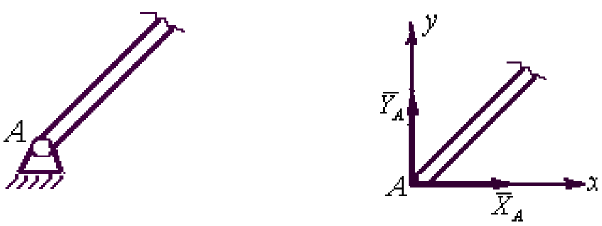
$$\cos\left(\bar{R}\wedge\bar{i}\right) = \frac{R_x}{R}, \quad \cos\left(\bar{R}\wedge j\right) = \frac{R_y}{R}.$$

a)



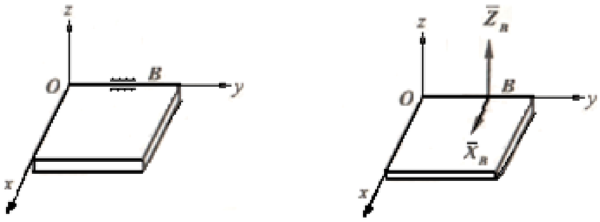
A sharnir o‘qi shakl tekisligiga perpendikulyar yo‘nalgan (5- shakl b). Sharnir reaksiya kuchi $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

b)



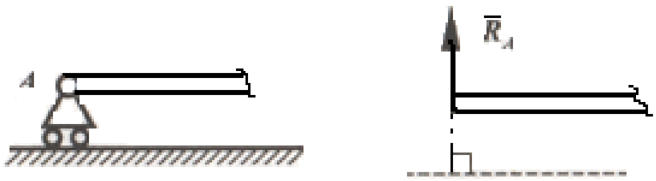
(5 - shakl, d) shaklda B sharnir o‘qi Oy o‘qi bilan ustma-ust yotadi. Sharnir reaksiya kuchi $R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2}$.

d)

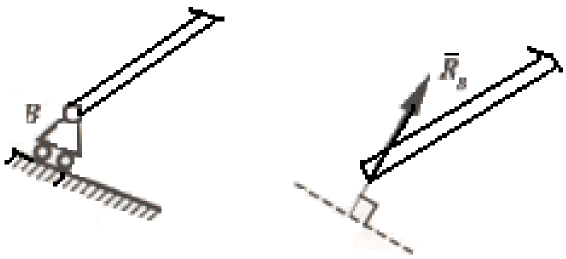


5- shakl

5. Jism qo‘zg‘aluvchi sharnir vositasida bog‘langan bo‘lsin (6- shakl a,b). Bu holda reaksiya kuchlari $\overline{R}_A$ va $\overline{R}_B$ lar tayanch yuzasiga perpendikular bo‘lib, tayanchdan jism tomon yo‘naladi.



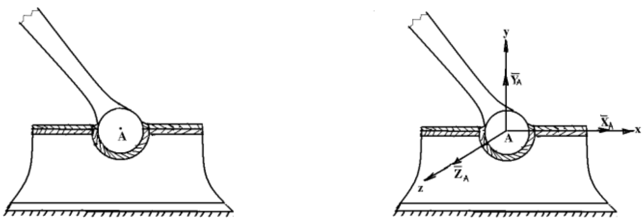
a)

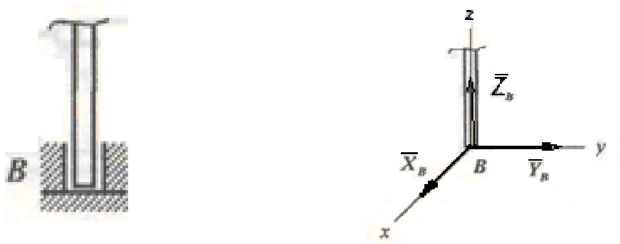


b)

6-shakl

6. Agar bog‘lanish sferik sharnir (A) va qo‘zg‘almas tayanch (B) dan iborat bo‘lsa, umumiy holda bunday bog‘lanish reaksiya kuchlari noma’lum bo‘ladi, ularni koordinata o‘qlari bo‘ylab tuzuvchilarga ajratamiz (7- shakl a,b).

a) 

b) 

7- shakl

Sferik sharnir va qo‘zg‘almas tayanch reaksiyasining miqdori va yo‘nalishi quyidagicha aniqlanadi:

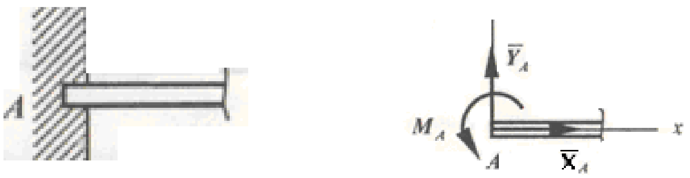
$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} \quad ; \; R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2 + Z_B^2}.$$

$$\cos\left(\overline{R}_A \wedge \bar{i}\right) = \frac{X_A}{R_A}, \quad \cos\left(\overline{R}_A \wedge j\right) = \frac{Y_A}{R_A}; \quad \cos\left(\overline{R}_A \wedge \bar{k}\right) = \frac{Z_A}{R_A}.$$

$$\cos\left(\overline{R}_B \wedge \bar{i}\right) = \frac{X_B}{R_B}, \quad \cos\left(\overline{R}_B \wedge j\right) = \frac{Y_B}{R_B}; \quad \cos\left(\overline{R}_B \wedge \bar{k}\right) = \frac{Z_B}{R_B}.$$

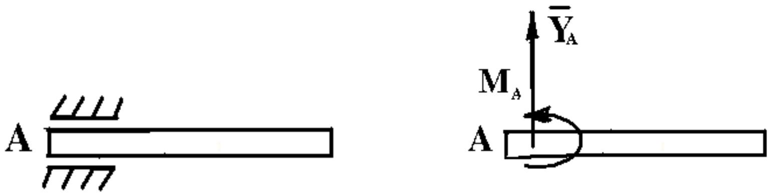
7. Jismning A uchi qisb mahkamlangan bo‘lsa (8- shakl), bog‘lanish reaksiyasining ikkita tashkil etuvchisidan tashqari, uning A nuqta atrofida aylanishiga qarshilik qiluvchi reaksiya momenti M_A ham movjud bo‘ladi. Moment tushunchasini keyin- roq ko‘ramiz.

a)



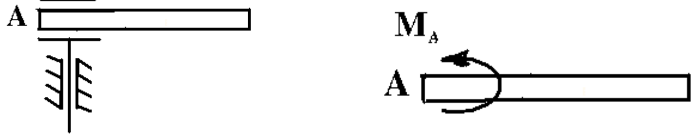
8- shakl

8. Jismning A uchi gorizontal siljishga yo‘l qo‘yadigan qilib mahkamlangan (9- shakl). Bog‘lanish reaksiyasi siljish tekisli- giga perpendikular bo‘lgan $\overline{Y}_A$ reaksiya kuchi va jismning A nuqta atrofida aylanishiga qarshilik qiluvchi reaksiya momenti M_A dan iborat bo‘ladi.



9- shakl

Agarda jismning A uchi gorizontal va vertikal siljishga yo‘l qo‘yadigan qilib mahkamlangan (10- shakl) bo‘lsa, u holda A nuqta atrofida aylanishiga qarshilik qiluvchi reaksiya momenti M_A movjud bo‘ladi.



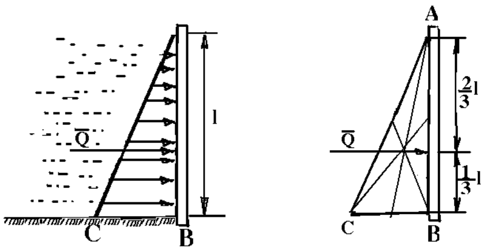
10- shakl

3-§. Jismga qo‘yiladigan taqsimlangan kuchlar

Jismning biror yuzasi yoki uzunligi bo‘yicha qo‘yilgan kuch uzluksiz ta’sir ko‘rsatsa, bunday kuchga taqsimlangan kuchlar deyiladi. Uzunlik birligi yoki yuza birligiga ta'sir etuvchi kuchlar- ning intensivligi q bilan belgilanadi va mos ravishda N/m yoki N/m^2 hisobida o‘lchanadi. Taqsimlangan kuchlarga ko‘prik balkasining ustiga yotqizilgan beton yoki asfalt ta’siri misol bo‘la oladi. Beton yoki asfalt balka bo‘yicha tekis taralgan bo‘lib , 10-shaklda ko‘rsatilgandek ta’sir etadi. Masalani yechishda taqsimlangan kuchlar bir nuqtaga qo‘yilgan kuch bilan almashtiriladi. 11- shaklda tasvirlangan taqsimlangan kuchlar teng ta’sir etuvchisi AB uchastkaning o‘rtasiga qo‘yilgan bo‘lib, miqdori $Q = q \cdot AB$ bo‘ladi.

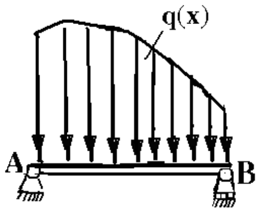
11-shakl

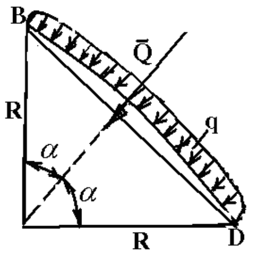
Taqsimlangan kuchlarga yana bir misol sifatida to‘g‘on devoriga suvning ta’sirini keltirish mumkin (12- shakl). Bu kuchning taqsimlanishi suv yuzasidan to‘g‘on tagigacha uchburchak qonuni bilan o‘zgarib boradi. Bu holda taqsimlangan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi uchburchak medianalarining kesishgan nuqtasidan o‘tadi va miqdori $Q = ql/2$ bo‘ladi.



12-shakl

Agar taqsimlangan kuch aylananing BD yoyi bo‘yicha ta’sir etsa (13-shakl), uning teng ta’sir etuvchisi $Q = q \cdot BD$ bo‘ladi.





13-shakl 14-shakl

Bunda BD uzunligi yoy vatari uzunligini bildiradi. $\overline{Q}$ ning ta’sir chizig‘i BD vatar o‘rtasidan o‘tadi. Inshoot qismlariga qo‘yilgan kuchlar tekis taqsimlangan bo‘lmay, ixtiyoriy ravishda taqsimlangan bo‘lishi mumkin (14-shakl).

Tuproq, qum kabi sochiluvchi materiallar bilan yuklangan balka bunga misol bo‘la oladi. Bu holda taqsimlangan kuchlar- ning intensivligi $q = q(x)$ qonuniyat asosida o‘zgarsa, bunday kuchlarning teng ta’sir etuvchisi $\overline{Q}$, AB balka va $q(x)$ egri chizig‘i bilan chegaralangan yuza orqali ifodalanadi:

$$Q = \int_0^l q(x)dx .$$

$\overline{Q}$ kuchning ta’sir chizig‘i yuzaning og‘irlik markazidan o‘tadi va quyidagicha aniqlanadi:

$$x_c = \frac{\int_0^l x\,q(x)}{\int_0^l q(x)\,dx}$$

4-§. Kuchning o‘qdagi proeksiyasi

Statika masalalarini analitik usulda yechish kuchning o‘qdagi proeksiyasi tushunchasiga asoslangan.

a) b)

15-shakl

$\overline{F}$ va $\overline{F_1}$ kuchlarning Ox o‘qidagi proeksiyalarini aniqlaymiz (15-shakl a,b). Buning uchun kuchlarning uchlaridan o‘qqa perpendikularlar tushiramiz. F_x va F_{1x} lar kuchlarning proeksiyalari. $\Delta\ ABC$ va $\Delta\ A_1B_1C_1$ lar to‘g‘ri burchakli uchburchaklar bo‘lgani uchun

$$\cos\alpha = \frac{AC}{F};\ \cos\beta = \frac{A_1C_1}{F_1}.$$

Bundan $AC = F\cos\alpha$; $A_1C_1 = F_1\cos\beta$.

Bunda $AC = F_x$; $A_1C_1 = F_{1x}$; $\beta = 180^0 - \alpha_1$ bo‘lgani uchun,

$$F_x = F\cos\alpha;\quad F_{1x} = F_1\cos\left(180^0 - \alpha_1\right) = -F_1\cos\alpha_1.$$

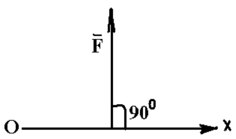
Demak, kuchlarning o‘qdagi proeksiyalari :

$$F_x = F\cos\alpha;\qquad F_{1x} = -F_1\cos\alpha_1$$

Kuchning biror o‘qdagi proeksiyasi kuch miqdori bilan kuch- ning shu o‘q musbat yo‘nalishi orasida tashkil qilgan burchagi kosinusining ko‘payitmasiga teng.

Kuch o‘qning musbat tomoniga qarab yo‘nalsa proeksiyaning ishorasi musbat, aksincha bo‘lsa manfiy. Kuchning ta'sir chizig‘i bilan o‘qning musbat yo‘nalishi orasidagi burchak o‘tkir bo‘lsa kuchning proeksiyasi musbat, agar bu burchak o‘tmas bo‘lsa manfiy ishorada olinadi.

1. Agar kuch biror o‘qqa perpendikular bo‘lsa, kuchning shu o‘qdagi proeksiyasi nolga teng .



16-shakl

$F_x = F\cos 90^0 = 0$, chunki $\cos 90^0 = 0$. Demak , $F_x = 0$.

2. Agar kuch o‘qqa parallel yo‘nalgan bo‘lsa, u holda kuch- ning o‘q bilan tashkil qilgan burchagi $\alpha = 0$; $\alpha = 180^0$ bo‘ladi (17-shakl).

a) b)

17-shakl

Kuchning o‘qdagi proeksiyasi :

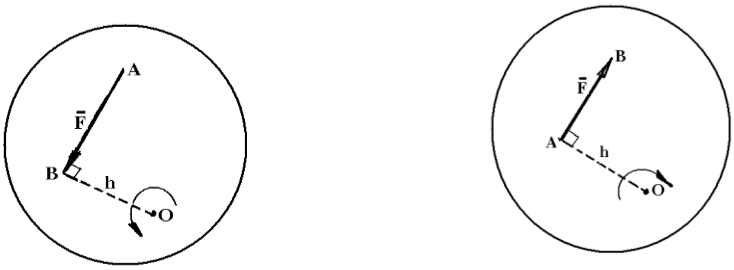
a) $F_x = F\cos 0^0 = F$ chunki $\cos 0^0 = 1$.

b) $F_x = F\cos 180^0 = -F$ chunki $\cos 180^0 = -1$.

5-§. Nuqtaga nisbatan kuch momenti

Kuchning jismga beradigan aylanish effekti kuch momenti deyiladi. Jismning O nuqta atrofida aylanma harakati kuch momentiga bog‘liqdir (18- shakl a, b).

a) b)



18- shakl

O nuqta moment markazi deyiladi. Moment markazidan kuchning ta’sir chizig‘iga tushirilgan perpendikular h kuch yelkasi deyiladi. Kuch momenti vektor kattalik bo‘lib, yo‘nalishga, qiymatga, qo‘yilish nuqtasiga egadir.

Qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$M_0(\overline{F}) = \pm F \cdot h$$

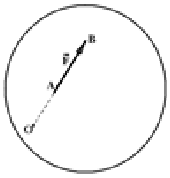
Nuqtaga nisbatan kuch momenti quyidagicha ta’riflanadi:

Kuch momenti - kuch miqdori bilan kuch yelkasining kupayitmasiga teng. Agar kuch jismni moment markazi atrofida soat millining aylanishiga qarshi aylantirsa (18- shakl,a) moment ishorasi musbat, aksincha manfiy bo‘ladi (18- shakl,b).

5.1 Nuqtaga nisbatan kuch momentining xossalari

1. Kuchning ta’sir chizig‘i moment markazini kesib o‘tsa (19- shakl), kuch momenti nolga teng bo‘ladi, chunki $h = 0$.

2. Kuchning miqdori va yo‘nalishini o‘zgartirmay ta’sir chizig‘i bo‘ylab ixtiyoriy nuqtaga ko‘chirilsa, kuch momenti o‘zgarmaydi, chunki kuch yelkasi $h = const$.

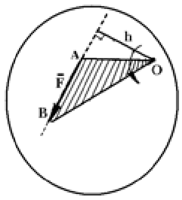


19-shakl

3. Nuqtaga nisbatan kuch momenti, kuchning uchlarini moment markazi bilan tutashtirishdan hosil bo‘lgan uchburchak yuzining ikkilanganiga teng (20- shakl).

$$S_{\Delta AOB} = \frac{1}{2} AB \cdot h; \quad 2S_{\Delta AOB} = AB \cdot h \quad \text{bunda } AB \cdot h = M_0(\overline{F})$$

Demak, $2S_{\Delta AOB} = M_0(\overline{F})$ bu ifoda nuqtaga nisbatan kuch momentining geometrik ma'nosini ifodalaydi.



20-shakl

6-§. Juft kuch va uning momenti

Ta’rif: Miqdorlari teng, ta’sir chiziqlari bir to‘g‘ri chiziqda yotmaydigan, o‘zaro parallel va qarama-qarshi tomonga yo‘nal- gan ikkita kuch juft kuch deyiladi (21- shakl a,b).

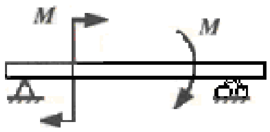
a) b)

21- shakl

$\overline{F}_1 = \overline{F}_2$; $F_1 = F_2$; $\overline{F}_1 \uparrow\downarrow \overline{F}_2$. Juft kuch $(\overline{F}_1, \overline{F}_2)$ ko‘rinishida belgilanadi. $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlar juftni tashkil etuvchi kuchlar deyiladi. Juftni tashkil etuvchi kuchlar orasidagi eng qisqa masofa d juft yelkasi deyiladi. Juft kuch teng ta’sir etuvchiga ega emas. Juftning jismga ko‘rsatadigan ta’siri juft momenti bilan tavsiflanadi. Juft kuchni tashkil etuvchi kuchlarning birini juft yelkasiga ko‘payitmasi juft kuch momenti deyiladi.

$$M = \pm F_1 \cdot d = \pm F_2 \cdot d.$$

Juft jismni soat millining aylanishiga qarshi aylantirsa (21-shakl a) moment ishorasi musbat, aksincha bo‘lsa manfiy bo‘ladi (21-shakl b). Juft ta’sir etgan jism aylanma harakatda bo‘ladi. Juft kuch ta’sirini strelkali yoy shaklida tasvirlash mumkin (22- shakl)



22- shakl

7-§. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Qattiq jismga ta’sir etuvchi tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini keltirish markaziga ko‘chirish natijasida kuchlarga ekvivalent bitta kuch- bosh vektor va juftlarning ta’siriga ekvivalent bitta juft-bosh algebraik moment hosil bo‘ladi.

Bosh vektor : $\overline{R}_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k$

Bosh algebraik moment: $M_0 = \sum_{k=1}^{n} m_0\left(\overline{F}_k\right)$

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun bosh vektor, bosh algebraik moment nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

$$\overline{R}_0 = 0;\ M_0 = 0.$$

$$\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k = 0\ ; \quad \sum_{k=1}^{n} m_0\left(\overline{F}_k\right) = 0.$$

Bosh vektor modulini koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali ifodalasak:

$$R_0 = \sqrt{\left(\sum F_{kx}\right)^2 + \left(\sum F_{ky}\right)^2} = 0$$

Demak**,** tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat sharti quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0\ ; \ \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0\ ; \ \sum_{k=1}^{n} m_0\left(\overline{F}_k\right) = 0.$$

Qattiq jismga ta’sir etuvchi tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning koordinata o‘qlaridagi proeksiyasi va ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining algebraik yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Qattiq jismga ta’sir etuvchi tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining quyidagi ikkinchi va uchinchi muvozanat shartlari ham mavjud:

$$\sum_{k=1}^{n} m_A\left(\overline{F}_k\right) = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} m_B\left(\overline{F}_k\right) = 0\ ; \ \sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0\ .$$

Qattiq jismga ta’sir etuvchi tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning ixtiyoriy A va B nuqtalarga nisbatan momentlarining yig‘indis , Ox o‘qiga nisbatan proeksiyalarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Bu holda *A* va *B* nuqtalarni tutashtiruvchi *AB* to‘g‘ri chiziq kesmasini Ox o‘qiga perpendikular bo‘lmaydigan qilib tanlab olish zarur. Aks holda tuzilgan uchta tenglamalardan bittasi qol- gan ikkitasining natijasi bo‘lib qoladi. Ikkita tenglama bilan uchta noma’lumni aniqlab bo‘lmaydi.

Uchinchi sharti quyidagicha:

$$\sum_{k=1}^{n} m_A\left(\overline{F}_k\right)=0\ ;\ \ \sum_{k=1}^{n} m_B\left(\overline{F}_k\right)=0\ ;\ \ \sum_{k=1}^{n} m_C\left(\overline{F}_k\right)=0\ .$$

Qattiq jismga ta’sir etuvchi tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning bir to‘g‘ri chiziqda yotmaydigan uchta A, B,Cnuqtalariga nisbatan momentlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Bu holda ham *A, B,C* nuqtalarni bir to‘g‘ri chiziq ustida yotmaydigan, ya’ni uchburchak hosil qiladigan qilib tanlab olish kerak.

Takrorlash uchun savollar

1.”Nazariy mexanika” fani nimani o‘rgatadi?
2. Statika bo‘limi nimani o‘rgatadi?
3. Absalut qattiq jism qanday jism?
4. Kuch qanday omillar bilan tavsiflanadi?
5. Reaksiya kuchi qanday kuch?
6. Bog‘lanishning turlari va reaksiya kuchlarining yo‘nalishini tushuntiring.
7. Jismga qo‘yiladigan taqsimlangan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi qanday hisoblanadi?
8. Kuchning o‘qdagi proeksiyasi qanday aniqlanadi?
9. Nuqtaga nisbatan kuch momentini tushuntiring.
10. Moment ishorasi qanday belgilanadi?
11. Nuqtaga nisbatan kuch momentining xossalarini tushuntirng.
12. Juft kuchni ta’riflang.
13. Juft kuch momentini ta’riflang.
14. Juft kuch momenti ishorasi qanday belgilanadi?
15. Bosh vektor va bosh moment nima?
16. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanat shartlari qanday ta'riflanadi?
17. Muvozanat tenglamalarining uchta turini yozing.

8-§. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlaridan foydalangan holda jismlarning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlashga doir masalalar

Bu mavzuga doir masalalar quyidagi tartibda yechiladi :

1.Masalaning shartini va shaklini fizik ma’nosini tushunish kerak.
2. Shaklni berilgan o‘lchamlarga moslab chizish kerak.
3.Berilgan kuchlarni shaklda aniq ko‘rsatish kerak.
4.Burchak ostida yo‘nalgan kuchlarni koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali ifodalash kerak.
5.Taqsimlangan kuchlarni teng ta’sir etuvchi kuch bilan almashtirish lozim.
6. Reaksiya kuchlarini shaklda ifodalash lozim.
7. Koordinata o‘qlarini yo‘naltirish kerak.
8.Masalaning statik aniqligini tekshirish lozim.
9.Muvozanat tenglamasini tuzib yechish kerak.
10. Biror reaksiya kuchining ishorasi manfiy chiqsa yo‘nalishini qarama-qarshi tomonga o‘zgartirish kerak.
11.Yechimlarning to‘g‘riligini tekshirish kerak.

1-masala.

23-shakldagi o‘qi siniq chiziqdan iborat bo‘lgan ACB sterjenning tayanch reaksiya kuchlari aniqlansin.

Berilgan:

$P = 4kN, M = 6kN \cdot m,\; q = 3kN/m, \alpha = 30^0, \quad \beta = 60^0,$

$AC = BD = 2\,m, CD = 1m.$

Topish kerak:

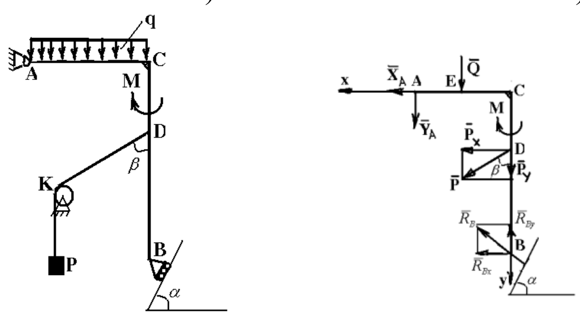
A va B tayanchning reaksiya kuchlarini. $R_A = ?\; R_B = ?$

Yechish:

Berilgan kuchlarni shaklda tasvirlaymiz. Kuchlarni tashkil etuv- chilar orqali ifodalaymiz. Kuch intensivligi q bo‘lgan taqsimlan- gan kuchlarni teng ta’sir etuvchi kuch bilan almashtiramiz.

$$Q = q \cdot AC = 3 \cdot 2 = 6kN.$$

A nuqtada sterjen qo‘zg‘almas silindrik sharnir bilan maxkam- langan. Reaksiya kuchining tashkil etuvchilari $\overline{X}_A, \overline{Y}_A$ dan iborat bo‘lib, koordinata o‘qlariga parallel yo‘naladi. B tayanch qo‘zg‘a- luvchi sharnirdan iborat bo‘lib, reaksiyasi $\overline{R}_B$ tiralgan yuzaga perpendikular yo‘naladi. a) b)



23-shakl

Tenglamalar soni noma’lumlar soniga teng. Masala statik aniq masala. Muvozanat tenglamasini tuzamiz:

1) $\sum_{k=1}^{6} F_{kx} = 0, \quad X_A + P\sin\beta + R_B \sin\alpha = 0,$

2) $\sum_{k=1}^{6} F_{ky} = 0, \quad Q + Y_A + P\cos\beta - R_B\cos\alpha = 0,$

3) $\sum_{k=1}^{6} m_A(\overline{F}_k) = 0. \quad -Q \cdot AE - M + m_A(\overline{P}) + m_A(\overline{R}_B) = 0.$

$m_A(\overline{P})$ va $m_A(\overline{R}_B)$ larni hisoblash uchun Varinon teorema- sidan foydalanamiz.

$m_A(\overline{P}) = m_A(\overline{P}_x) + m_A(\overline{P}_y) = -P\sin\beta \cdot CD - P \cdot \cos\beta \cdot AC$

$m_A(\overline{R}_B) = m_A(\overline{R}_{Bx}) + m_A(\overline{R}_{By}) = -R_B \sin\alpha\,(BD + DC) + R_B\cos\alpha \cdot AC$ Qiymatlarni uchinchi tenglamaga olib borib qo‘ysak:

$$R_B = \frac{Q \cdot 0{,}5 \cdot AC + P\sin\beta \cdot CD + P\cos\beta \cdot AC + M}{AC\cos\alpha - (BD + DC)\sin\alpha} =$$

$$= \frac{6 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 4 \cdot 0{,}86 \cdot 1 + 4 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 6}{2 \cdot 0{,}86 - 3 \cdot 0{,}5} = 88{,}36\; kN$$

Birinchi tenglamadan X_A ni aniqlaymiz:

$X_A = -P\sin\beta - R_B\sin\alpha = -4 \cdot 0{,}86 - 88{,}36 \cdot 0{,}5 = -47{,}60kN$

Ikkinchi tenglamadan Y_A ni aniqlaymiz:

$Y_A = R_B \cos\alpha - Q - P\cos\beta = 88{,}36 \cdot 0{,}86 - 6 - 4 \cdot 0{,}5 = 67{,}98\,kN$

D nuqtaga nisbatan momentni olib yechimlarni tekshiramiz:

$$\sum_{k=1}^{n} m_D(\overline{F}_k) = 0,\; X_A \cdot DC + Q \cdot 0{,}5AC - M - R_B \sin\alpha \cdot BD + Y_A \cdot AC =$$

$$= -47{,}62 \cdot 1 + 6 \cdot 2 \cdot 0{,}5 - 6 - 88{,}36 \cdot 0{,}5 \cdot 2 + 67{,}98 \cdot 2 = 0{,}0 = 0$$

Demak masala to‘g‘ri yechilgan.

$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{47{,}6^2 + 67{,}98^2} = 83\ kN.$

Yo‘naltiruvchi kosinuslar yordamida $\overline{R}_A$ reaksiya kuchining yo‘nalishini aniqlaymiz:

$$\cos(\overline{R}_A;\wedge Ox) = \frac{X_A}{R_A} = \frac{-47{,}6}{83} = -0{,}57,$$

$$(\vec{R}_A;\wedge Ox) = 125^0$$

Javob: $R_A = 83\,kN,\quad R_B = 88{,}36\,kN.$

2-masala.

To‘plama kuch $P = 0{,}6\,kN,$ intensivliklari $q_1 = 1{,}2\,kN/m,$ $q_2 = 0{,}8\ kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar va momenti $M = 12\,kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’sirida bo‘lgan AB xodaning A qisib mahkamlangan uchidagi reaksiya kuchlari aniqlansin (24-shakl). Berilgan: $a_1 = 3m$; $a_2 = 2m.$

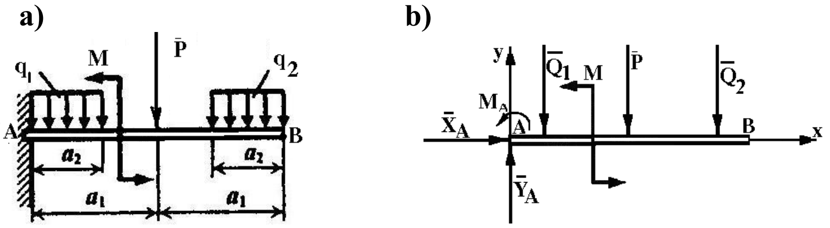
Yechish:

Berilgan kuchlarni shaklda tasvirlaymiz. Kuchlarni tashkil etuvchilari orqali ifodalaymiz. Kuch intensivliklari $q_1\ va\ q_2$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlarni teng ta’sir etuvchi kuchlar bilan almashtiramiz. Ya’ni:

$$Q_1 = q_1 \cdot a_2 = 1{,}2 \cdot 2 = 2{,}4\,kN;$$

$$Q_2 = q_2 \cdot a_2 = 0{,}8 \cdot 2 = 1{,}6\,kN.$$

Xoda A nuqtada qisib mahkamlangan bo‘lib, reaksiya kuchi- ning tashkil etuvchilari $\overline{X}_A, \overline{Y}_A$ (koordinata o‘qlariga parallel yo‘nalgan) va aylantiruvchi moment M_A dan iborat.



24-shakl

Tenglamalar soni noma’lumlar soniga teng. Masala statik aniq masala. Muvozanat tenglamasini tuzamiz:

1) $\sum_{k=1}^{7} F_{kx} = 0,\qquad X_A = 0,$

2) $\sum_{k=1}^{7} F_{ky} = 0,\qquad -Q_1 - Q_2 + Y_A - P = 0,$

3) $\sum_{k=1}^{7} m_A(\overline{F}_k) = 0.\ M_A - Q_1 \cdot a_2/2 + M - P \cdot a_1 - Q_2(2a_1 - a_2/2) = 0.$

Tenglamalarni yechib noma’lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. Birinchi tenglamadan X_A ni aniqlaymiz: $X_A = 0$

Ikkinchi tenglamadan Y_A ni aniqlaymiz:

$$Y_A = P + Q_1 + Q_2 = 0{,}6 + 2{,}4 + 1{,}6 = 4{,}6\,kN.$$

Uchinchi tenglamadan M_A ni aniqlaymiz:

$$M_A = Q_1 \cdot a_2/2 - M + P \cdot a_1 + Q_2(2a_1 - a_2/2) =$$
$$= 2{,}4 \cdot 1 - 12 + 0{,}6 \cdot 3 + 1{,}6 \cdot 5 = 2{,}4 + 1{,}8 + 8 - 12 = 0{,}2\,kN \cdot m$$

$$M_A = 0{,}2\,kN \cdot m$$

D nuqtaga nisbatan moment olib yechimlarni tekshiramiz:

$$\sum_{k=1}^{n} m_B(\overline{F}_k) = 0, \; -Y_A \cdot 2a_1 + M_A + M + P \cdot a_1 + Q_1(2a_1 - a_2/2) +$$
$$+ Q_2 \cdot a_2/2 = -4{,}6 \cdot 6 + 0{,}2 + 12 + 0{,}6 \cdot 3 + 2{,}4 \cdot 5 + 1{,}6 =$$
$$= -27{,}6 + 0{,}2 + 12 + 1{,}8 + 12 + 1{,}6 = -27{,}6 + 27{,}6 = 0$$

Demak, masala to‘g‘ri yechilgan.

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{0^2 + 4{,}6^2} = 4{,}6\,kN.$$

Yo‘naltiruvchi kosinuslar yordamida $\overline{R}_A$ reaksiya kuchining yo‘nalishini aniqlaymiz:

$$\cos(\overline{R}_A;\wedge Ox) = \frac{X_A}{R_A} = \frac{0}{4{,}6} = 0,$$

$$\cos(\vec{R}_A;\wedge Oy) = \frac{Y_A}{R_A} = \frac{4{,}6}{4{,}6} = 1, \quad (\vec{R}_A;\wedge Oy) = 0^0.$$

$\overline{R}_A$ reaksiya kuchi Oy o‘qiga parallel yo‘naladi.

Javob:

$M_A = 0{,}2\,kN \cdot m; \; R_A = 4{,}6\,kN$

3-masala.

Xodani mahkamlash sxemasi (25-shakl a ,b ,d) berilgan. Sxemada o‘qi siniq chiziqdan iborat bo‘lgan xodani mahkamlash- ning uchta usuli ko‘rsatilgan. Xodaning o‘lchamlari va shaklda berilgan kuchlarning qiymatlari uchta holda ham bir xil. Ya’ni:

$P = 5kN; \quad M = 8\,kN \cdot m; \; q = 1{,}2\,kN/m.$

Uchta shaklda ham qotirmadagi $M_A = ?$ moment aniqlansin va taqqoslanib qaysi shaklda eng kichik son qiymatga ega ekan- ligi aniqlansin.

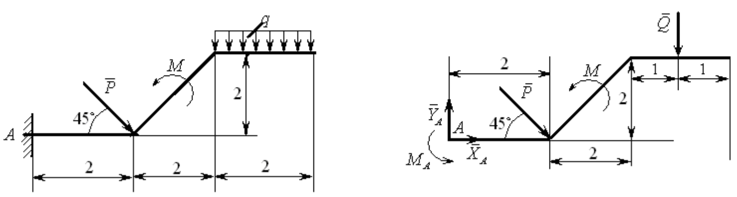
Yechish:

Berilgan kuchlarni shaklda tasvirlaymiz. Kuchlarni tashkil etuvchilar orqali ifodalaymiz. Kuch intensivligi q bo‘lgan taqsimlangan kuchlarni teng ta'sir etuvchi kuch bilan almashtiramiz:

$$Q = q \cdot 2 = 2{,}4\,kN.$$

Muvozanat tenglamasini tuzib M_A momentni aniqlaymiz. Tenglamani shunday tuzamizki, unda faqat biz izlayotgan noma’lum ishtirok etsin..

a)



25-shakl,a

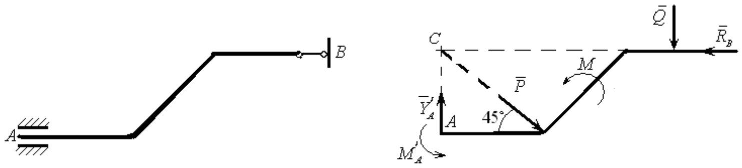
a) sxema uchun muvozanat tenglamasi quyidagicha:

$$\sum M_A(\overline{F}_i) = 0; \qquad \cancel{M}_A - P \cdot 2\sin 45^0 + M - Q \cdot 5 = 0$$

Bundan

$$M_A = 5 \cdot 2 \cdot 0{,}7 - 8 + 2{,}4 \cdot 5 = 11{,}07\; kN \cdot m.$$

$$M_A = 11{,}07\; kN \cdot m.$$



b)

25-shakl,b

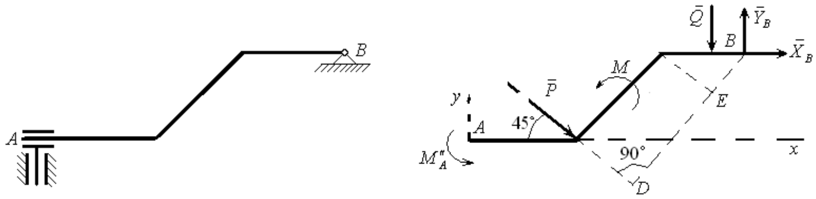
b) sxema uchun muvozanat tenglamasi quyidagicha:

$$\sum M_C(\bar{F}_i) = 0; \qquad \cancel{M}_A + M - Q \cdot 5 = 0$$

Bundan

$$M_A = -8 + 2{,}4 \cdot 5 = 4\; kN \cdot m.$$

$$M_A = 4\;\; kN \cdot m.$$



d)

25-shakl,d

d) sxema uchun muvozanat tenglamasi quyidagicha:

$$\sum M_B(\bar{F}_i) = 0; \qquad \cancel{M}_A + P \cdot BD + M + Q \cdot 1 = 0$$

Bundan

$$BD = BE + ED = \sqrt{2} + 2\sqrt{2} = 4{,}24\; m$$

$$M_A = -5 \cdot 4{,}24 - 8 - 2{,}4 \cdot 1 = kN \cdot m.$$

$$M_A = -31{,}61\, kN \cdot m.$$

M_A momentning eng kichik qiymati xodani b) sxema bo‘yicha mahkamlanganda bo‘lar ekan. Shu sxemadagi qolgan reaksiya kuchlarini aniqlash uchun muvozanat tenglamasini tuzamiz:

$$\sum F_{kx} = 0; \quad P \cdot \cos 45^0 - R_B = 0,$$

$$\sum F_{ky} = 0; \quad Y_A - P \cdot \sin 45^0 - Q = 0.$$

Bundan

$$R_B = 3{,}54\; kN;$$

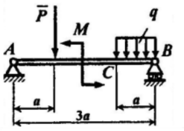
$$Y_A = 5{,}94\; kN;$$

Hisoblash natijalari quyidagi jadvalga kiritiladi

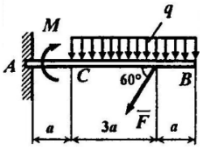
Sxema	M_A - moment ($kN \cdot m$)	Kuchlar (kN)	
		Y_A	R_B
a)	11,07	-	-
b)	4	5,94	3,54

d)	-31,61	-	-

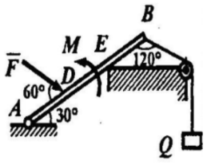
Mustaqil ta’lim bo‘yicha bilimlarini mustahkamlash uchun yechiladigan masalalar



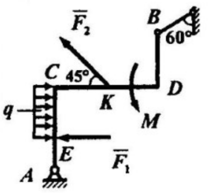
1. Intensivligi $q = 1{,}2\,kN/m$ bo‘lgan taqsim- langan kuchlar, $P = 1{,}7\,kN$ to‘plama kuch va momenti $M = 2kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’siridagi AB xodaning tayanchlaridagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 3\,m$ bo‘lsa.



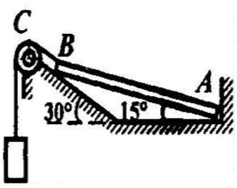
2. Intensivligi $q = 10\,kN/m$ bo‘lgan taqsim- langan kuchlar, $F = 40\,kN$ to‘plama kuch va momenti $M = 25\,kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta'siridagi qisib mahkamlangan AB konsol xodaning A tayanchidagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 1\,m$ bo‘lsa.



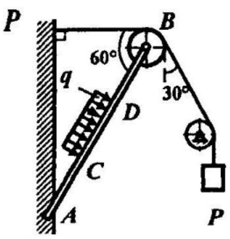
3. Og‘irligi $P = 20\,kN$ bo‘lgan bir jinsli AB xoda A nuqtada sharnir vositasida mah- kamlangan va E nuqtada devorga tiralgan. B nuqtada blokdan o‘tkazilgan arqonga $Q = 10\,kN$ osilgan. D nuqtaga $F = 12\,kN$ kuch ta’sir etadi. Xodaga ta’sir etuvchi juft kuchning momenti $M = 8\,kN \cdot m$. Agarda $AD = DE = BE = 1\,m$ bo‘lsa, tayanchlar- dagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



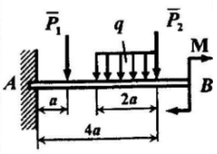
4. Siniq sterjen A nuqtada sharnir vosita- sida, B nuqtada vaznsiz sterjen bilan mah- kamlangan. Sterjenga momenti $M = 4\,kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch, intensivligi $q = 0{,}3\,kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, qiymatlari $F_1 = 4\,kN$, $F_2 = 7\,kN$ bo‘lgan to‘plama kuchlar ta’sir etsin. Agarda $EC = CK = KD = DB = 2a$, $AE = a$ bo‘lib, $a = 0{,}4\,m$ bo‘lsa, A tayanchdagi va B vaznsiz sterjendagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



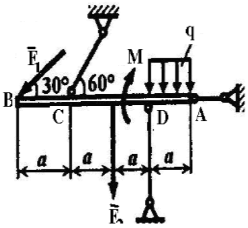
5. Og‘irligi $Q = 600\ N$ bo‘lgan bir jinsli AB xoda A nuqtada gorizontal silliq polga va silliq devorga tiralgan. B nuqta qiya tekislikka tiralgan va blokdan o‘tkazilgan arqon mahkamlangan bo‘lib, uchiga $P = 50\,N$ yuk osilgan. AB xodaning tiralgan nuqtalaridagi reaksiya kuchlari aniqlansin. Blokdagi ishqalanish hisobga olinmasin.



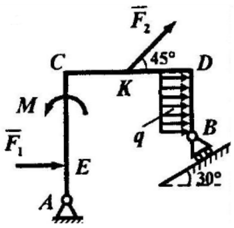
6. Og‘irligi $Q = 400\ N$ bo‘lgan bir jinsli AB xoda A nuqtasida qisib mahkamlangan. Agarda yuk og‘irligi $P = 300\,N$, taqsimlangan kuch intensivligi $q = 150\ N/m$, $AC = CD = DB = 2\,m$ bo‘lsa, xodaning qisib mahkamlangan nuqtasidagi reaksiya kuchlari aniqlansin. B blokning og‘irligi va o‘lchamlari hisobga olinmasin.



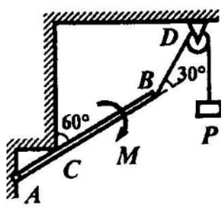
7. Intensivligi $q = 0{,}6\,kN/m$ bo‘lgan taqsim- langan kuchlar, $P_1 = 2kN, P_2 = 1{,}3\,kN$ to‘plama kuchlar va momenti $M = 0{,}5\,kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta'siridagi qisib mahkamlangan AB konsol xodaning A tayanchidagi reaksiya kuch- lari aniqlansin, agar $a = 1{,}5\,m$ bo‘lsa.



8.Intensivligi $q = 2\,kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $F_1 = 10kN, F_2 = 5\,kN$ to‘plama kuch va momenti $M = 2\,kN\cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’siridagi AB xodaning vaznsiz qattiq sterjen orqali sharnir vositasida boshqa jismga biriktirilgan tayanchlaridagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 1{,}5\,m$ bo‘lsa.



9. Qattiq ramaning A tayanchi qo‘zg‘almas sharnir B tayanchi qo‘zg‘aluvchi sharnirdan iborat bo‘lib, unga intensivligi $q = 0{,}5\,kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $F_1 = 4kN, F_2 = 6\,kN$ to‘plama kuchlar va momenti $M = 4\,kN\cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’sir etsin. Agarda $CK = KD = DB = 2a,\ AE = a\ ,EC = 3a$ bo‘lib, $a = 0{,}4m$ bo‘lsa , A va B tayanchlari- dagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



10. Uzunligi $AB = 80\,sm$ va og‘irligi $Q = 100\,N$ bo‘lgan xodaning A nuqtasi qo‘zg‘olmas shar- nir vositasida mahkamlangan bo‘lib C nuqtasi devorga tegib turadi.Xodani B uchiga mahkam- langan, blokdan o‘tkazilgan arqonga osilgan $P = 400\,N$ og‘irlikdagi yuk muvozanatda ushlab turadi. Xodaga momenti $M = 100\ N\cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’sir etadi. Agar $AC = 1/4\ AB$ bo‘lsa tayanch reaksiya kuchlari aniqlansin.

Hisob - grafik ishlarini bajarish uchun topshiriqlar
Mavzu: Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash

Jadval 1

Topshiriq tartib raqami		$P,\ kN$	$M,\ kN\cdot m$	$q,\ \ kN/m$	Aniqlanadigan reaksiya kuchi
1.	**a**	**10**	**6**	**2**	Y_A
	в	**11**	**8**	**3**	Y_A
	c	**8**	**7**	**4**	Y_A
2.	**a**	**20**	**5**	**4**	M_A
	в	**16**	**10**	**6**	M_A
	c	**14**	**8**	**5**	M_A
3.	**a**	**15**	**8**	**1**	Y_B
	в	**20**	**6**	**2**	Y_B

	c	**10**	**8**	**4**	Y_B
4.	**a**	**5**	**2**	**1**	Y_B
	в	**6**	**4**	**2**	Y_B
	c	**10**	**2**	**3**	Y_B
5.	**a**	**10**	**4**	**-**	X_B
	в	**8**	**2**	**-**	X_B
	c	**12**	**3**	**-**	X_B
6.	**a**	**6**	**2**	**1**	M_A
	в	**8**	**3**	**2**	M_A
	c	**10**	**3**	**4**	M_A

Jadval 2

Topshiriq tartib raqami		$P,\ kN$	$M,\ kN\cdot m$	$q,\quad kN/m$	Aniqlanadigan reaksiya kuchi
7.	**a**	**2**	**4**	**2**	X_A
	в	**11**	**8**	**3**	X_A
	c	**8**	**7**	**4**	X_A
8.	**a**	**20**	**10**	**4**	R_B
	в	**16**	**10**	**6**	R_B
	c	**14**	**8**	**5**	R_B
9.	**a**	**10**	**6**	**-**	Y_A
	в	**20**	**6**	**-**	Y_A
	c	**14**	**8**	**-**	Y_A
	a	**2**	**4**	**2**	X_A

10.	**в**	**6**	**4**	**2**	X_A
	c	**10**	**2**	**3**	X_A
11.	**a**	**4**	**10**	**1**	R_B
	в	**8**	**2**	**2**	R_B
	c	**12**	**3**	**3**	R_B
12.	**a**	**10**	**5**	**2**	Y_A
	в	**8**	**3**	**2**	Y_A
	c	**10**	**3**	**4**	Y_A

Jadval 3

Topshiriq tartib raqami		$P,\ kN$	$M,\ kN\cdot m$	$q,\quad kN/m$	Aniqlanadigan reaksiya kuchi
13.	**a**	**20**	**12**	**2**	Y_A
	в	**14**	**6**	**2**	Y_A
	c	**12**	**5**	**4**	Y_A
14.	**a**	**15**	**4**	**3**	Y_A
	в	**16**	**14**	**6**	Y_A
	c	**12**	**6**	**4**	Y_A
15.	**a**	**10**	**5**	**2**	X_A
	в	**14**	**4**	**2**	X_A
	c	**12**	**6**	**2**	X_A
16.	**a**	**12**	**4**	**2**	M_A
	в	**10**	**4**	**2**	M_A
	c	**12**	**6**	**2**	M_A

17.	**a**	**20**	**4**	**3**	Y_A
	в	**8**	**2**	**2**	Y_A
	c	**12**	**3**	**2**	Y_A
18.	**a**	**14**	**4**	**2**	X_A
	в	**10**	**6**	**2**	X_A
	c	**12**	**6**	**4**	X_A

Jadval 4

Topshiriq tartib raqami		P, kN	M, $kN \cdot m$	q, kN/m	Aniqlanadigan reaksiya kuchi
19.	**a**	**16**	**6**	**1**	R_B
	в	**12**	**5**	**2**	R_B
	c	**10**	**4**	**1**	R_B
20.	**a**	**10**	**-**	**3**	Y_A
	в	**16**	**-**	**3**	Y_A
	c	**12**	**-**	**4**	Y_A
21.	**a**	**20**	**10**	**2**	M_A
	в	**14**	**4**	**2**	M_A
	c	**12**	**6**	**2**	M_A
22.	**a**	**6**	**6**	**1**	Y_A
	в	**12**	**4**	**2**	Y_A
	c	**14**	**6**	**2**	Y_A
23.	**a**	**10**	**4**	**2**	M_A
	в	**8**	**2**	**2**	M_A

	c	14	4	1	M_A
24.	a	4	3	1	Y_A
	в	8	4	2	Y_A
	c	10	5	3	Y_A

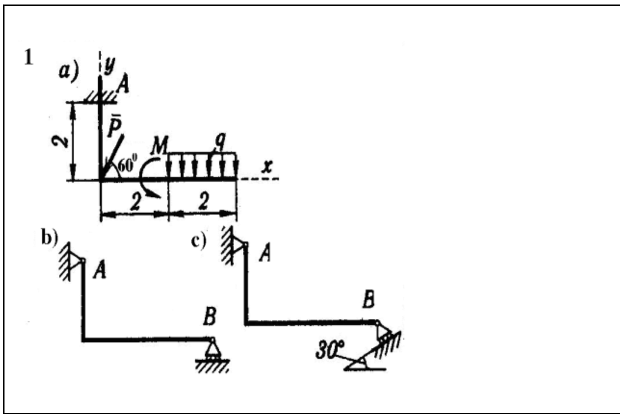
Jadval 5

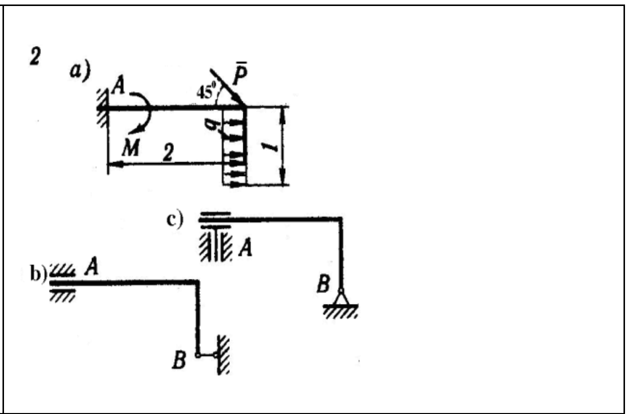
Topshiriq tartib raqami		$P,\ kN$	$M,\ kN\cdot m$	$q,\quad kN/m$	Aniqlanadigan reaksiya kuchi
25.	a	10	10	2	X_A
	в	14	6	2	X_A
	c	12	5	4	X_A
26.	a	20	5	2	M_A
	в	16	14	6	M_A
	c	12	6	4	M_A
27.	a	10	6	1	X_A
	в	14	4	2	X_A
	c	12	6	2	X_A
28.	a	20	10	2	Y_A
	в	10	4	2	Y_A
	c	12	6	2	Y_A
29.	a	25	-	1	M_A
	в	8	-	2	M_A
	c	12	-	2	M_A
30.	a	20	10	2	R_B
	в	10	6	2	R_B

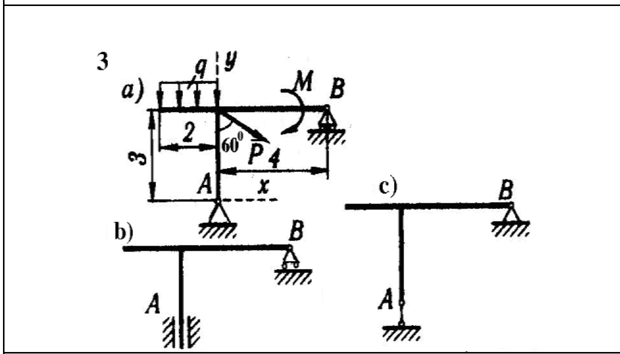
	c	**12**	**6**	**4**	R_B

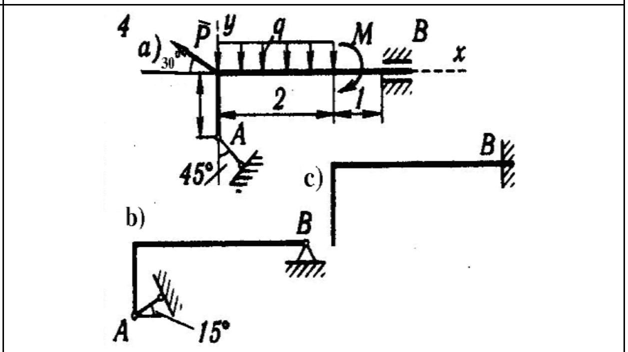
Topshiriqlar chizmalari

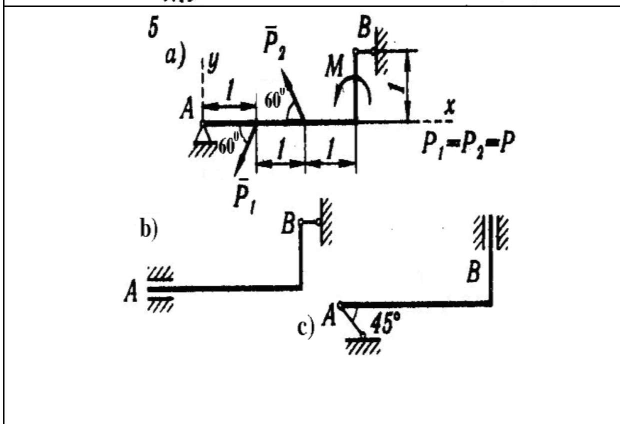
1- CHIZMA

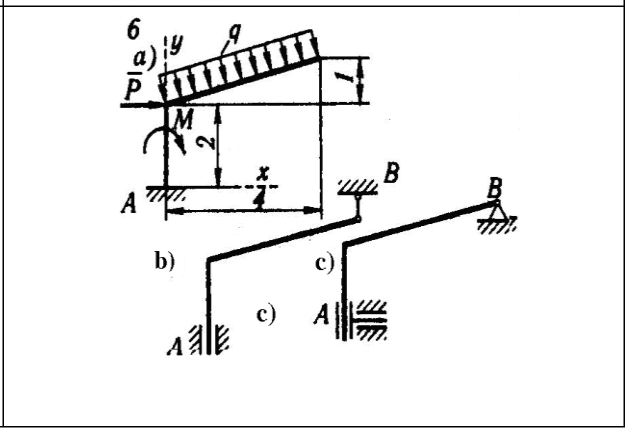




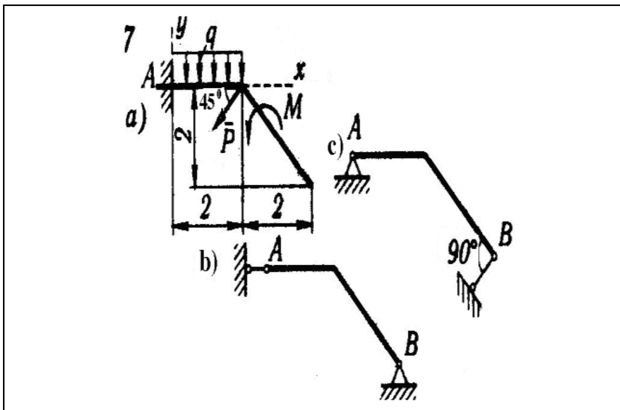


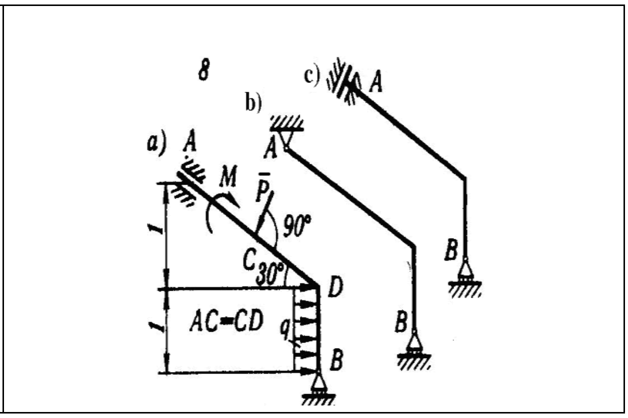


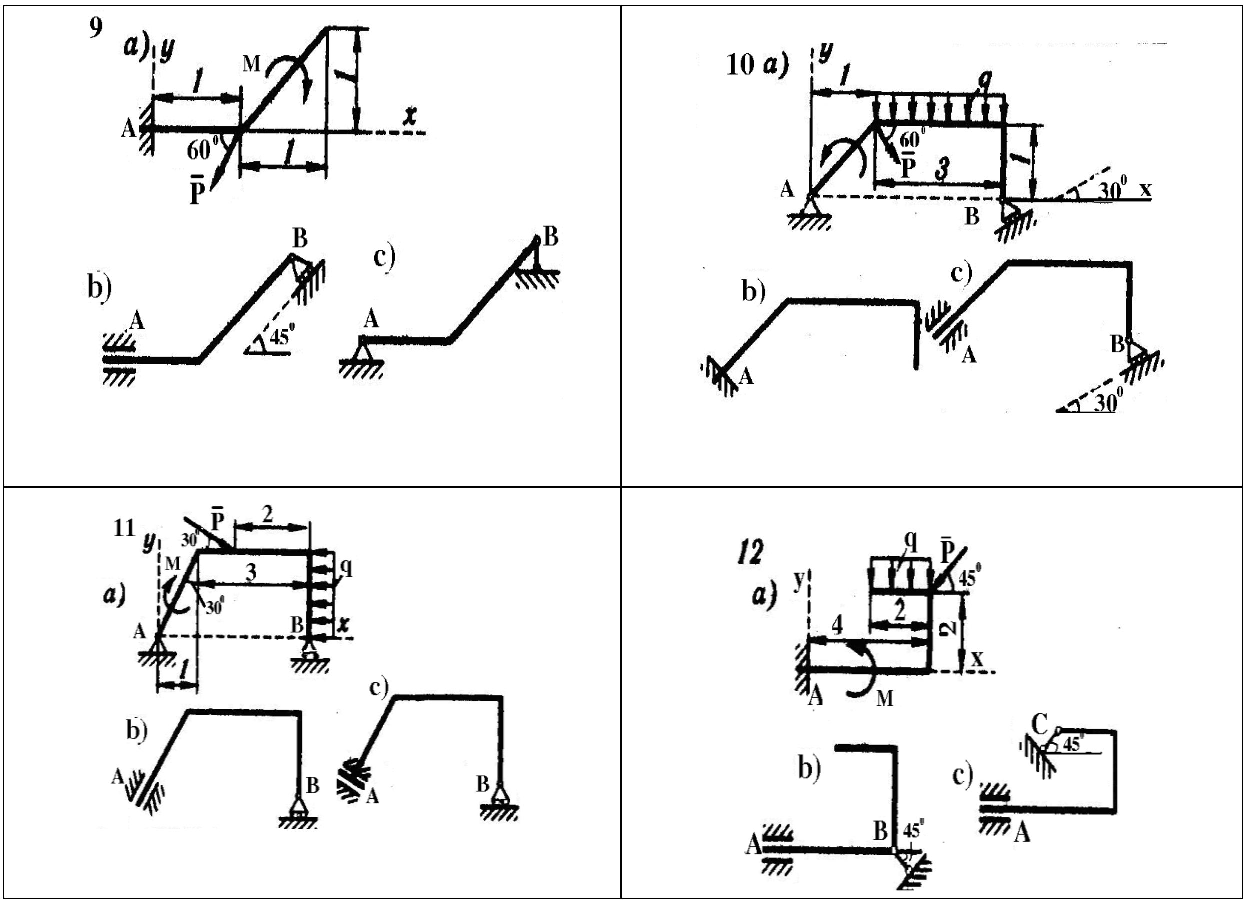




2-CHIZMA

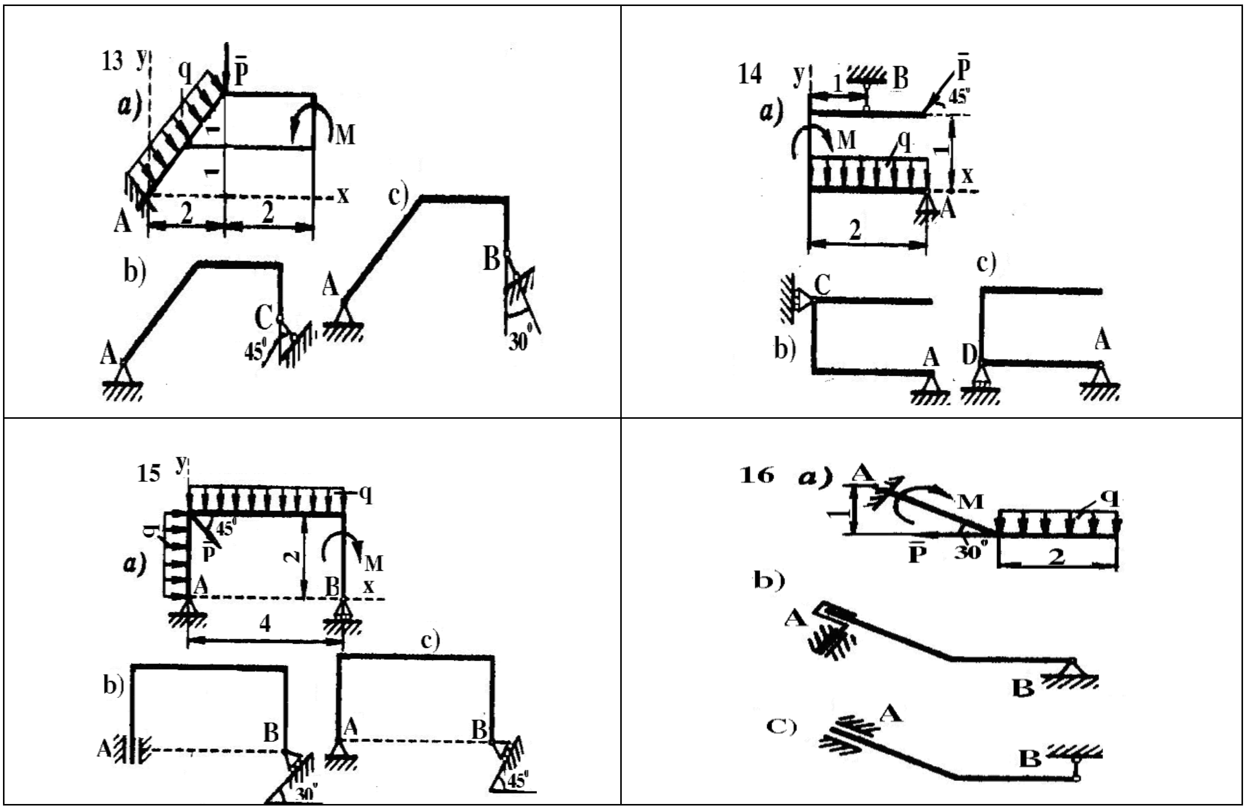




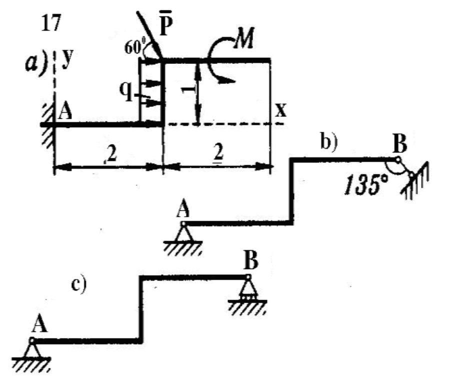


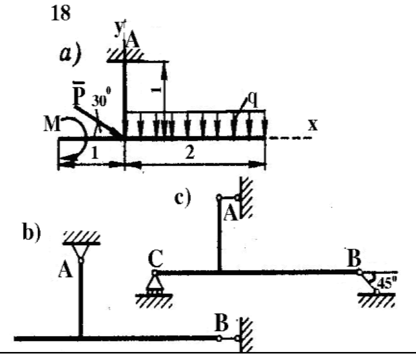
9 a) y
M
1
1
A
60°
x
1
P̄
b)
A
B
45°
c)
A
B
10 a) y
1
q
60°
P̄
3
1
A
B
30° x
b)
A
c)
A
B
30°
11
P̄
2
y
30°
M
3
q
a)
30°
A
B
x
1
b)
A
B
c)
A
B
12
q
P̄
45°
a)
y
2
4
2
x
A
M
b)
A
B
45°
c)
C
45°
A

3-CHIZMA

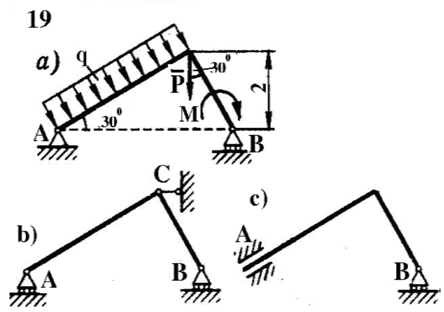


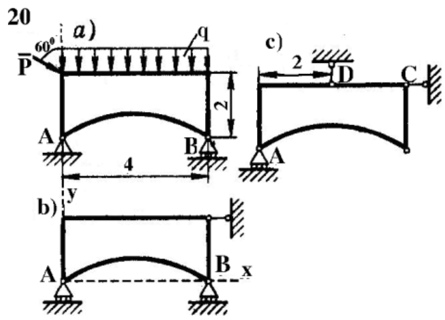
13 y
q
P̄
a)
1
M
1
A
2
2
x
b)
A
C
45°
c)
A
B
30°
14
y
1
B
P̄
45°
a)
M
q
1
x
A
2
b)
C
A
c)
D
A
15
y
q
45°
P̄
2
a)
A
B
M
x
4
b)
A
B
30°
c)
A
B
45°
16 a)
A
M
q
1
P̄
30°
2
b)
A
B
C)
A
B

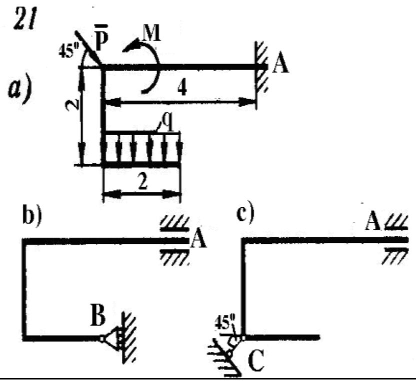

17
a)
y
$\overline{P}$
60°
M
q
A
x
2
2
1
b)
B
A
135°
c)
A
B

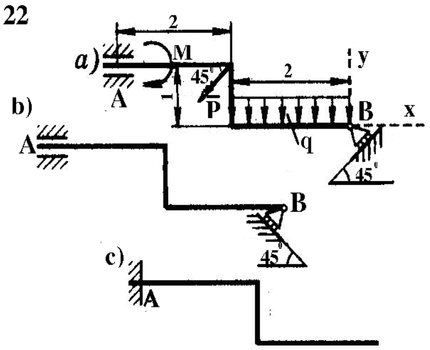

18
a)
y
A
$\overline{P}$
30°
M
q
x
1
2
1
b)
A
B
c)
A
C
B
45°

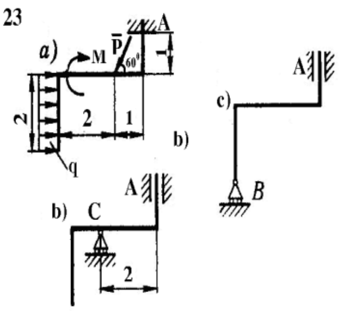
4-CHIZMA

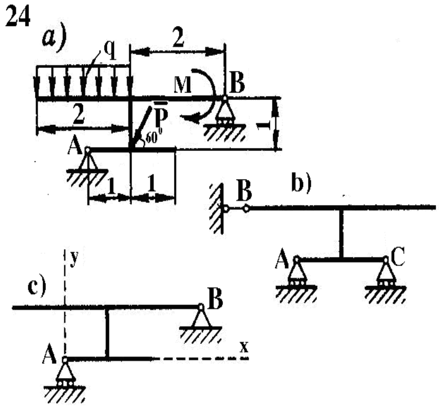

19
a)
q
$\overline{P}$
30°
M
2
A
30°
B
b)
C
A
B
c)
A
B


20
a)
60°
$\overline{P}$
q
2
A
B
4
c)
2
D
C
A
b)
y
A
B
x

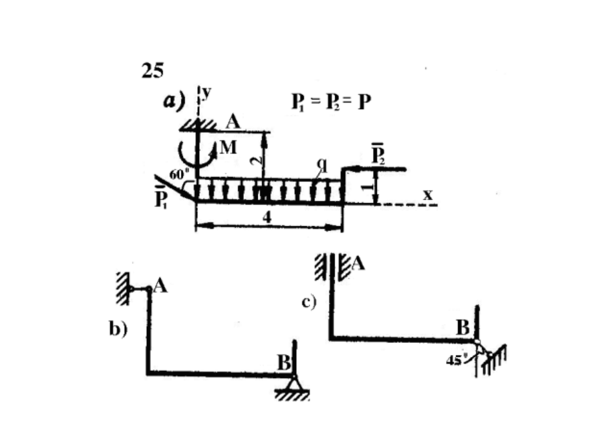

21
45°
$\overline{P}$
M
A
a)
4
2
q
2
b)
A
B
c)
A
45°
C

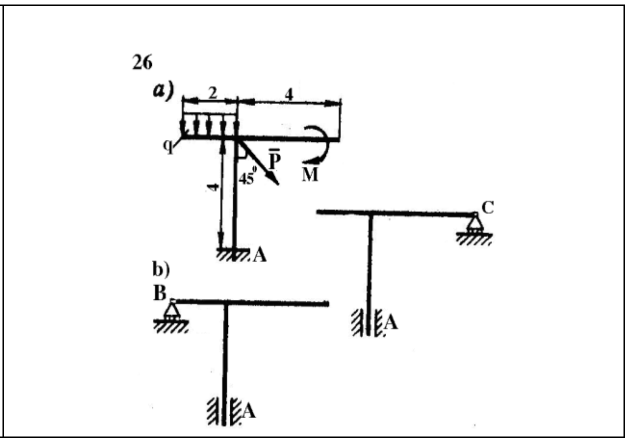

22
2
a)
M
y
45°
2
A
1
$\overline{P}$
B
x
b)
q
A
45°
B
45°
c)
A

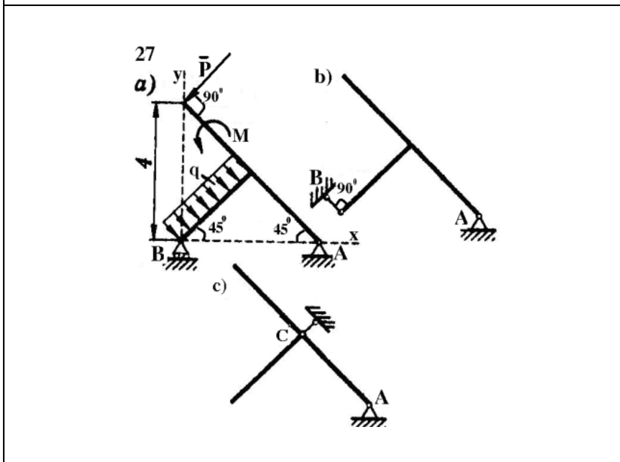

23
a)
M
$\overline{P}$
A
60°
1
2
2
1
q
b)
c)
A
A
B
b)
C
2

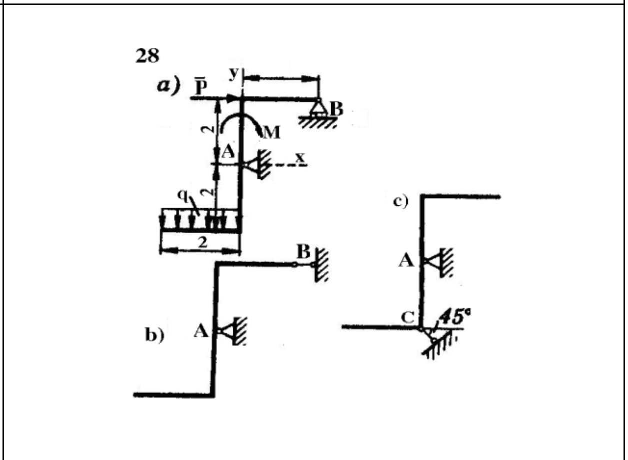

24
a)
q
2
M
B
2
$\overline{P}$
60°
1
A
1
1
B
b)
A
C
c)
y
B
A
x

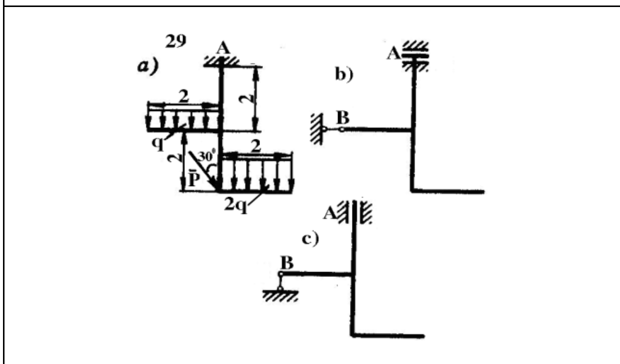
5-CHIZMA

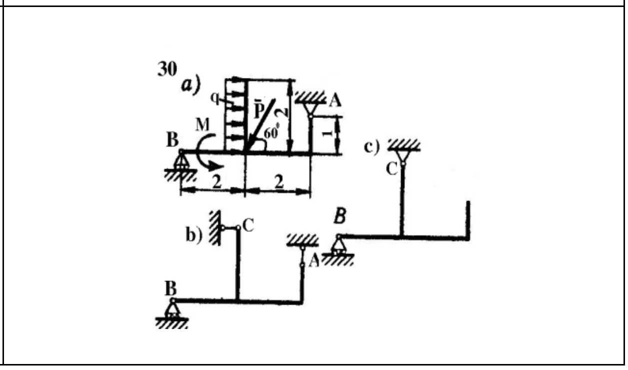












Foydalanilgan adabiyotlar

1.Шохайдарова П. ва бошšалар. Назарий механика.–Т.: Ўқитувчи, 1992.

2. Рашидов Т.Р. ва бошšалар. Назарий механика асослари. –Т.: Ўқитувчи, 1991.

3. Shoobidov Sh.A., Xabibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanma. –T.: Yangi asr avlod, 2008.

4. Shoobidov Sh.A., Xabibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D. Nazariy mexanika. (Statika). O‘quv qo‘llanma. –T.:ToshDTU, 2006.

5.Сборник заданий по теоретической механике. Под редакцией В.В. Дрожжина, 2-е изд., Санкт-Петербург-Москва, 2012.

6. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.-Т.: Œšитувчи, 1990.

7. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Под редакцией А.А. Яблонского,18-е изд. -М.: КНОРУС, 2011.

8. Журавлёв В.Ф. Основы теоретической механики. 3-е изд., -М: Физматлит, 2008.

9. Яковенко Г.Н. Краткий курс теоретической механики. М., Бином, 2006.

10. Anorqulov T., Xusanov Q., Komiljonov A. Nazariy mexanikadan kurs ishlari uchun topshiriqlar to‘plami -T.: Ziyo-nashr, 2002.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

X. N. HABIBULLAYEVA

«Nazariy mexanika» fanining

FAZODA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASI TA’SIRIDAGI JISMLARNING TAYANCH REAKSIYA KUCHLARINI ANIQLASH

mavzusiga uslubiy ko‘rsatma

Fanning o‘quv dasturida keltirilgan ta’lim sohasidagi hamma bakalavriyat ta’lim yo‘nalishlari uchun

Toshkent – 2013

UDK. 531.8

X.N.Habibullayeva. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta'siridagi jismlarning tayanch reaksiya kuchlarini aniqiash. Uslubiy ko'rsatma. Toshkent davlat texnika universiteti, -Toshkent, 2013, 35 b.

Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan bo'lgan «Nazariy mexanika» fanini talabalar tomonidan chuqur o'zlashtirilishi uchun o'quv jarayonida hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun ko'rsatma materiallardan, uslubiy ko'rsatmalardan, yangi informatsion texnologiyalar va multimedia usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Talabalar ushbu uslubiy ko'rsatmada keltirilgan mavzu bo'yicha hisoblash-grafik ishlarini bajaradilar. Statika bo'limining asosiy mavzularidan biri «Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta'siridagi jismlarning tayanch reaksiya kuchlarini aniqiash»dir. Uslubiy ko'rsatmada mavzuning nazariy qismi yoritilgan va hisoblash-grafik ishlarini bajarishda foydalanish uchun variant masalalaridan namunalar yechib ko'rsatilgan. Talabalar o'z bilimlarini tekshirishlari uchun qisqa masalalar javoblari bilan keltirilgan. Uslubiy ko'rsatmada keltirilgan namunalarga asoslanib, talabalar berilgan topshiriqlarni mustaqil ravishda bajarishlari mumkin. Uslubiy ko'rsatma talabalarning nazariy va amaliy bilimlarini oshirishda, mustaqil ta'limlarida hamda tekshiruv ishlarini bajarishda yaqindan yordam beradi.

Taqrizchilar:

N.T. Mamatova – O'zbekiston Milliy Universiteti «Nazariy va tadbiqiy mexanika» kafedrasi dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi,

Z.M. Qurbonova – Toshkent Davlat Texnika Universiteti «Materiallar qarshiligi va mexanika» kafedrasi katta o'qituvchilari .

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti mexanika-mashinasozlik fakultetining 29.10. 2013y. da o'tkazilgan №2 sonli uslubiy kengashi qaroriga ko'ra chop etildi

Mexanika-mashinasozlik fakulteti dekani — dost. Berdiyev D.M.

Mexanika-mashinasozlik fakulteti uslubiy kengashi raisi — dost. Tulayev B.R.

K I R I S H

«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlar turkumiga kirib, barcha mutaxassisliklar bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda dasturiy fanlardan biridir. Hozirgi zamon texnikasini jadal sur’atlar bilan rivojlanib borishi, ishlab chiqarish jarayonlariga texnologik talablarni hisobga olgan holda parametrlari va bog‘lanishlari boshqariladigan mashina va mexanizmlarni keng tatbiq etish va ularning asosiy ishchi qismlarini harakatlarini nazariy asoslarini yaratish da umummuhandislik fanlarining asosi bo‘lgan «Nazariy mexanika» fani qonunlari va prinsiplariga asoslanadi. Shuning uchun ham bu fanda o‘rganiladigan barcha mavzular har qanday murakkab mashina va jihozlarning ishlash sirlarini anglab yetishda dasturulamal vazifasini bajaradi.

«Nazariy mexanika» fani bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlarni o‘tkazishda masalalar yechishdan tashqari hisoblash-grafik ishlari bajariladi. Hisoblash-grafik ishlari uchun masalalar talabaning shaxsiy xususiyatlarini, bilimini e’tiborga olingan holda tanlanishi lozimdir. Shuning uchun «Nazariy mexanika» fanini o‘tishda masalalarni tanlash, hisoblash - grafik ishlarini bajarish uchun fandan unumli foydalanish darkordir. Talabalarning fikrlash jarayonini to‘g‘ri yo‘lga solish uchun xisoblash-grafik ishlari asosiy negizdir. Talabalar masalalar yechishdan tashqari hisoblash-grafik ishlarini bajarish orqali fandan olgan bilimlarini mustaxkamlaydilar. Ma'ruza, amaliyot darslarida o‘tilgan mavzularni mustahkamlash va chuqur o‘zlashtirish uchun hisob-grafik ishlarini bajarish zarurdir.

1-§. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi

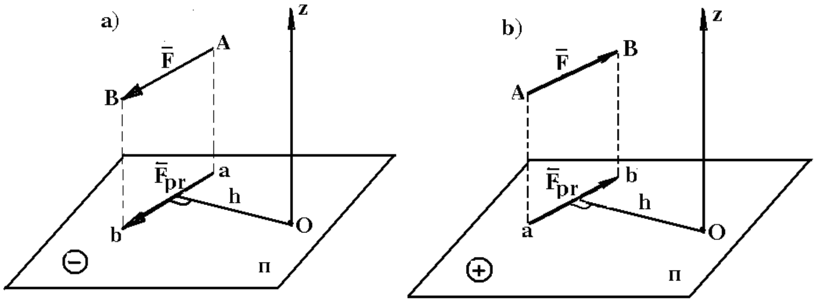
Ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar to‘plamiga fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi deyiladi. Bunday kuchlarning ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan bo‘lib , parallel bo‘lmaydi, bir tekislikda yotmaydi va bir nuqtada kesishmaydi. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga oid statika masalalarini yechishda o‘qqa nisbatan kuch momenti tushunchasidan foydalaniladi.

1.1 O‘qqa nisbatan kuch momenti

O‘qqa nisbatan kuch momenti kuchning jismni shu o‘q atrofida aylantirish qobiliyatini tafsiflaydi.

O‘qqa nisbatan kuch momentini hisoblash uchun o‘qqa perpen- dikulyar Π tekislik o‘tkazamiz.Kuchni shu tekislikka proek- siyalaymiz. O‘q bilan tekislikning kesishgan nuqtasidan kuch- ning Π tekislikdagi proeksiyasiga perpendikulyar o‘tkazamiz. Bu perpendikulyar kuchning yelkasini ifodalaydi .

Aniqlik uchun $\overline{F}$ kuchning Oz o‘qiga nisbatan momentini hisoblaymiz (1-shakl, a,b)



1-shakl

Buning uchun $\overline{F}$ kuchning uchidan va oxiridan П tekislikka perpendikulyarlar tushiramiz. $a\overline{b} = \overline{F}_{pr}$ kuchning shu tekis- likdagi proeksiyasi bo‘lib, vektor kattalikdir. Kuchning Oz o‘qiga nisbatan momenti qiymati quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m_z(\overline{F}) = m_o(\overline{F}_{pr}) = \pm F_{pr}h \qquad (1.1)$$

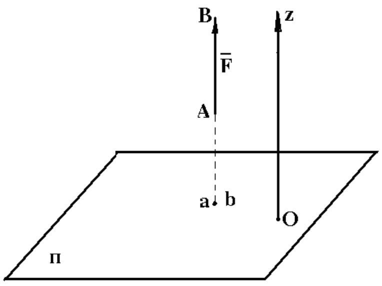
Bunda h - kuch yelkasi.

Kuchning o‘qqa nisbatan momenti kuchning shu o‘qqa perpen- dikulyar P tekislikdagi proeksiyasidan o‘q bilan tekislikning kesishgan nuqtasiga nisbatan olingan momentiga teng bo‘ladi. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti skalyar miqdor bo‘lib, o‘qning musbat yo‘nalishidan qaraganda kuchning o‘qqa perpendikulyar tekislikdagi proeksiyasi jismni soat strelkasi harakatiga teskari yo‘nalishda aylantirishga intilsa, kuch momenti musbat, aks holda manfiy ishora bilan olinadi.

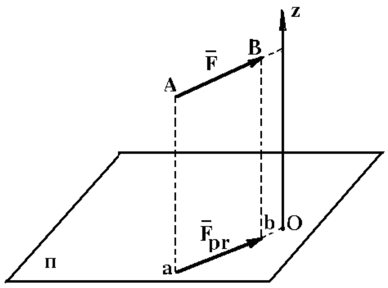
Quyidagi hollarda o‘qqa nisbatan kuch momenti nolga teng bo‘ladi:

a) Kuch o‘qqa parallel bo‘lsa.

Aniqlik uchun Oz o‘qiga parallel $\overline{F}$ kuchini olamiz (2- shakl).



2- shakl



3- shakl

Kuchning Oz o‘qiga perpendikulyar П tekislikdagi proek -siyasi nolga tengdir. Ya'ni $F_{pr} = 0$, demak $m_z(\overline{F}) = 0$

b) Kuchning ta'sir chizig‘i o‘qni kesib o‘tsa.

Bu holda kuchni perpendikulyar P tekislikka proeksiya- lasak kuchning ta'sir chizig‘i o‘q bilan tekislikning kesishgan nuqtasidan o‘tadi (3- shakl). Bunda $h = 0$ va $m_z(\overline{F}) = 0$ bo‘ladi.

Demak, kuch bilan o‘q bir tekislikda yotsa kuchning shu o‘qqa nisbatan kuch momenti nolga tengdir degan xulosa kelib chiqadi. Bu ikki holda ham kuch jismni Oz o‘qi atrofda aylantira olmaydi , faqat o‘q bo‘ylab siljitadi.

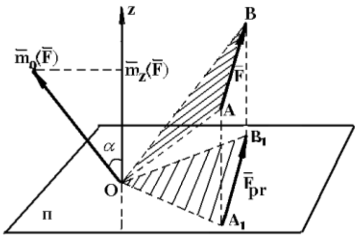
2-§. Nuqtaga nisbatan kuch momenti bilan shu nuqtadan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan kuch momenti orasidagi bog‘lanish

Nuqtaga nisbatan kuch momenti bilan shu nuqtadan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan kuch momenti orasidagi bog‘lanish quyidagi munosabat bilan aniqlanadi, ya'ni :

$$m_z(\overline{F}) = pr_z[\overline{m}_o(\overline{F})], \qquad (2.1.)$$

$$m_z(\overline{F}) = |\overline{m}_0(\overline{F})|\cos\alpha = m_{Oz}(\overline{F}), \qquad (2.2)$$

Kuchning biror o‘qqa nisbatan momenti uning shu o‘qda olingan ixtiyoriy nuqtaga nisbatan moment vektorining mazkur o‘qdagi proeksiyasiga tengdir (4- shakl).



4- shakl

Nuqtaga nisbatan kuch momentining shu nuqtadan o‘tgan o‘q-dagi proeksiyasi kuchning shu o‘qqa nisbatan olingan momenti- ga teng.

3-§. Koordinata o‘qlariga nisbatan kuch momentining analitik ifodasi

$\overline{F}$ kuchning O nuqtaga nisbatan momentining vektor ifodasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

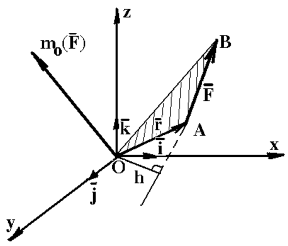
$$\overline{m}_0(\overline{F}) = \overline{r} \times \overline{F} \qquad (3.1)$$

Bunda $\overline{r} - \overline{F}$ kuch qo‘yilgan A nuqtasining radius –vektori.

$\overline{m}_0(\overline{F})$ vektorini koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali ifodalaymiz:

$$\overline{m}_0(\overline{F}) = pr_x[\overline{m}_0(\overline{F})]\overline{i} + pr_y[\overline{m}_0(\overline{F})]\overline{j} + pr_z[\overline{m}_0(\overline{F})]\overline{k} \quad (3.2)$$

Bunda $\overline{i}, \overline{j}, \overline{k}$ lar Ox, Oy, Oz o‘qlarining birlik yo‘naltiruvchi vektorlari .



5- shakl

Vektor algebrasidan ma'lumki $\overline{r} \times \overline{F}$ ifodani determinant shaklida quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

Bunda x,y,z $\overline{F}$ kuch qo‘yilgan A nuqtasining koordinatalari yoki A nuqta $\overline{r}-$ radius – vektorining Ox, Oy, Oz o‘qlaridagi proeksiyalari, F_x, F_y, F_z lar $\overline{F}$ kuchning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari (5- shakl).

Demak, $\overline{F}$ kuchning O nuqtaga nisbatan momentining vektori teng:

$$\overline{m}_0(\overline{F}) = \overline{r} \times \overline{F} = \begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}.$$

Dyeterminantni yoyib chiqsak ,

$$\overline{m}_0(\overline{F}) = (yF_z - zF_y)\overline{i} + (zF_x - xF_z)\overline{j} + (xF_y - yF_x)\overline{k} \qquad (3.3)$$

(3.2) va (3.3) tenglamalarni taqqoslasak , quyidagi kelib chiqadi :

$$pr_x[m_0(\overline{F})] = yZ - zY;$$
$$pr_y[m_0(\overline{F})] = zX - xZ;$$
$$pr_z[m_0(\overline{F})] = xY - yX.$$

(2.1) tenglamaga asosan:

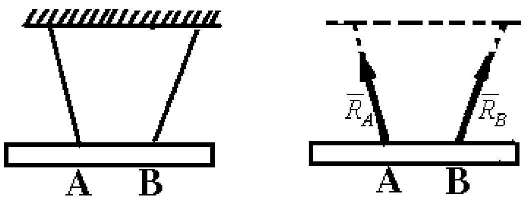
$$\begin{aligned} m_x(\overline{F}) &= yZ - zY; \\ m_y(\overline{F}) &= zX - xZ; \qquad (3.4) \\ m_z(\overline{F}) &= xY - yX. \end{aligned}$$

Kuchning qo‘yilgan nuqtasining koordinatalarini va koordinata o‘qlaridagi proeksiyalarini bilgan holda istalgan o‘qqa nisbatan momentini (3.4) formula yordamida aniqlash mumkin.

4-§. Bog‘lanishning turlari

Qattiq jism statikasi masalalarini yechishda, ko‘pincha, erksiz jismlar muvozanatini tekshirishga to‘g‘ri keladi.
Jismning harakatini cheklovchi sabab bog‘lanish deyiladi.
Bog‘lanishning jismga ko‘rsatadigan ta'sirini ifodalovchi kuchlar reaksiya kuchlari deyiladi. Reaksiya kuchlari jismning harakati qaysi tomondan cheklangan bo‘lsa shunga qarama- qarshi yo‘naladi. Bog‘lanishlarning asosiy turlarini ko‘rib chiqamiz:

1.Jism qayish, zanjir, ip (yoki arqon) lar vositasida bog‘langan bo‘lsa (6-shakl, a, b, c), mazkur bog‘lanishlarning reaksiya kuchlari qayish, zanjir, ip bo‘ylab yo‘naladi.



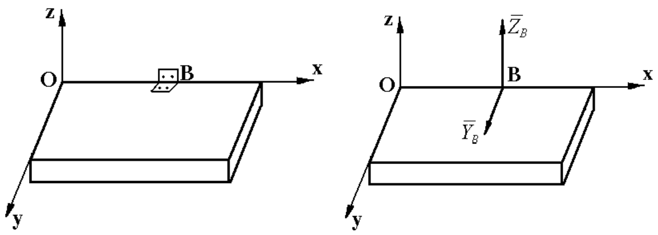
a)

b)

6- shakl

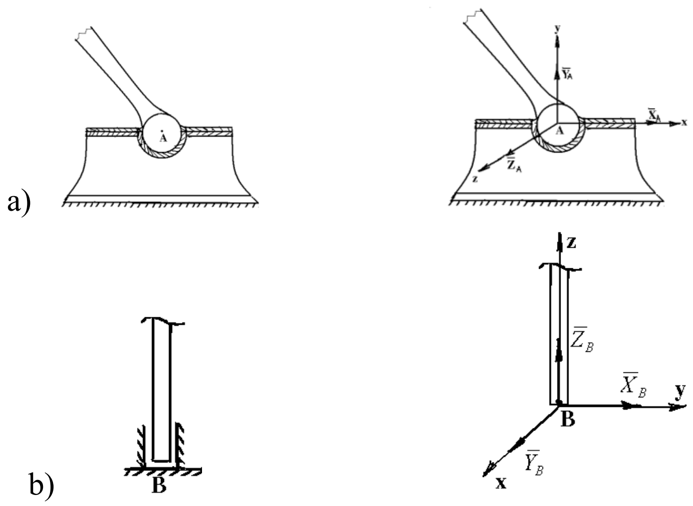
2. Agarda B sharnir o‘qi Oy o‘qi bilan ustma-ust tushsa, silindrik sharnir reaksiya kuchi teng (7- shakl):

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2}.$$



7- shakl

3. Agar bog‘lanish sferik sharnir (A) va qo‘zg‘almas tayanch (B) dan iborat bo‘lsa, umumiy holda bunday bog‘lanish reaksiya kuchlari noma'lum bo‘ladi, ularni koordinata o‘qlari bo‘ylab tuzuvchilarga ajratamiz (8-shakl, a,b).



8- shakl

Sferik sharnir va qo‘zg‘almas tayanch reaksiyasining miqdori va yo‘nalishi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} \quad ; \; R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2 + Z_B^2}.$$

$$\cos\left(\overline{R}_A \wedge \bar{i}\right) = \frac{X_A}{R_A}, \quad \cos\left(\overline{R}_A \wedge j\right) = \frac{Y_A}{R_A}; \quad \cos\left(\overline{R}_A \wedge \bar{k}\right) = \frac{Z_A}{R_A}.$$

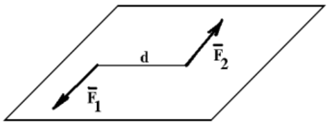
$$\cos\left(\overline{R}_B \wedge \bar{i}\right) = \frac{X_B}{R_B}, \quad \cos\left(\overline{R}_B \wedge j\right) = \frac{Y_B}{R_B}; \quad \cos\left(\overline{R}_B \wedge \bar{k}\right) = \frac{Z_B}{R_B}.$$

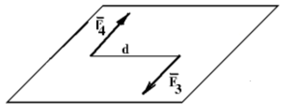
5-§. Juft kuch va uning momenti

Ta'rif: Miqdorlari teng, ta'sir chiziqlari bir to‘g‘ri chiziqda yotmaydigan, o‘zaro parallel va qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan ikkita kuch juft kuch deyiladi, ya’ni

$\overline{F}_1 = \overline{F}_2$; $F_1 = F_2$; $\overline{F}_1 \uparrow\downarrow \overline{F}_2$ (9- shak, a,b).

a) b)

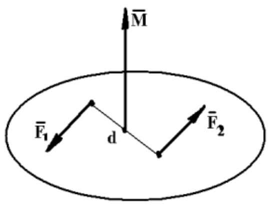




9- shakl

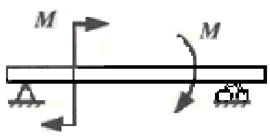
Juft kuch $\left(\overline{F}_1, \overline{F}_2\right)$ ko‘rinishda belgilanadi. $\overline{F}_1$ va $\overline{F}_2$ kuchlar juftni tashkil etuvchi kuchlar deyiladi. Juftni tashkil etuvchi kuchlar orasidagi eng qisqa masofa d juft yelkasi deyiladi. Juft kuch teng ta'sir etuvchiga ega emas. Juftning jismga ko‘rsatadigan ta'siri juft momenti bilan tavsiflanadi. Juft kuch vector kattalik bo‘lib, moment vektori juft yotgan tekislikka perpendikulyar yo‘naladi va vector uchidan qaralganda soat strelkasiga teskari aylanadi (10- shakl). Juft kuchni tashkil etuvchi kuchlarning birini juft yelkasiga ko‘payitmasi juft kuch momenti deyiladi.

$$M = \pm F_1 \cdot d = \pm F_2 \cdot d.$$



10- shakl

Juft jismni soat millining aylanishiga qarshi aylantirsa (9-shakl,a) moment ishorasi musbat, aksincha manfiy bo‘ladi (9- shakl,b). Juft ta'sir etgan jism aylanma harakatda bo‘ladi. Juft kuch ta'sirini strelkali yoy shaklida tasvirlash mumkin (11- shakl)



11- shakl

6-§. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari

Qattiq jismga ta'sir etuvchi fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini keltirish markaziga ko‘chirish natijasida kuchlarga ekvivalent bitta kuch- bosh vektor va juftlarning ta'siriga ekvivalent bitta juft-bosh moment hosil bo‘ladi.

Bosh vektor teng: $\overline{R}_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k.$

Bosh moment teng: $\overline{M}_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0\left(\overline{F}_k\right).$

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun bosh vektor , bosh moment nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

$$\overline{R}_0 = 0; \qquad M_0 = 0.$$

$$\sum_{k=1}^{n}\overline{F}_k = 0\,; \quad \sum_{k=1}^{n}\overline{m}_0\left(\overline{F}_k\right) = 0.$$

Bosh vektor va bosh moment modulini koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali ifodalasak:

$$R_0 = \sqrt{\left(\sum F_{kx}\right)^2 + \left(\sum F_{ky}\right)^2 + \left(\sum F_{kz}\right)^2} = 0 \qquad (6.1)$$

$$\left|m_0\left(\overline{F}\right)\right| = \sqrt{\left|m_0\left(\overline{F}\right)\right|_x^2 + \left|m_0\left(\overline{F}\right)\right|_y^2 + \left|m_0\left(\overline{F}\right)\right|_z^2} = 0 \quad (6.2)$$

Demak**,** fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat sharti (6.1) va (6.2) tenglamaga asosan quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0\,; \;\; \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0\,; \; \sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0\,; \qquad (6.3)$$

$$\sum_{k=1}^{n} m_x\left(\overline{F}_k\right) = 0\,; \sum_{k=1}^{n} m_y\left(\overline{F}_k\right) = 0\,; \sum_{k=1}^{n} m_z\left(\overline{F}_k\right) = 0. \qquad (6.4)$$

(6.3) va (6.4) tenglamalar fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartini ifodalaydi.

Qattiq jismga ta'sir etuvchi fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun kuchlarning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari va o‘qlarga nisbatan momentlarining algebraik yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir.

Takrorlash uchun savollar

1. ”Nazariy mexanika”fani nimani o‘rgatadi?
2. Statika bo‘limi nimani o‘rgatadi?
3. Absalyut qattiq jism qanday jism?
4. Kuch qanday omillar bilan tavsiflanadi?
5. Reaksiya kuchi qanday kuch ?
6. Bog‘lanishning turlari va reaksiya kuchlarining yo‘nalishini tushuntiring.
7. O‘qqa nisbatan kuch momentini tushuntiring.
8. O‘qqa nisbatan kuch momentini ishorasi qanday belgilanadi?
9. O‘qqa nisbatan kuch momentinining nolga teng bo‘lish shartlari ta'riflang.
10. O‘qqa nisbatan kuch momentinining analitik ifodasi qanday?
11. Juft kuchni ta'riflang.
12. Juft kuch momentini ta'riflang.
13. Juft kuch momenti ishorasi qanday belgilanadi?
14. Bosh vektor va bosh moment nima?
15. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanat shartlari qanday ta'riflanadi?
16. Muvozanat tenglamalarini yozing.

7-§. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanat shartlaridan foydalangan holda jismlarning tayanch reaksiya kuchlarini aniqlashga doir masalalar

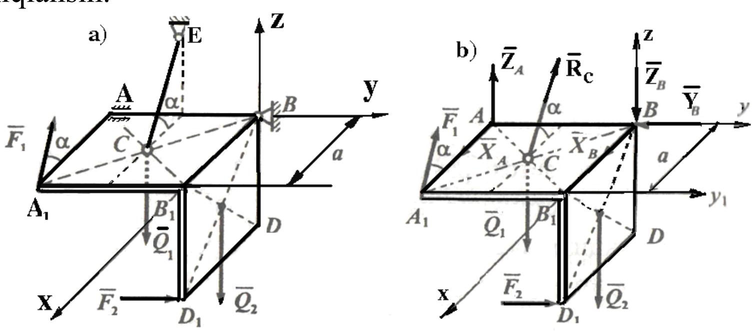
Bu mavzuga doir masalalar quyidagi tartibda yechiladi :

1.Masalaning shartini va shaklini fizik ma'nosini tushunish kerak.
2.Shaklni berilgan o‘lchamlariga moslab chizish kerak.
3.Berilgan kuchlarni shaklda aniq ko‘rsatish kerak.
4.Burchak ostida yo‘nalgan kuchlarni koordinat o‘qlaridagi proeksiyalari orqali ifodalash kerak.
5. Reaksiya kuchlarini shaklda ifodalash lozim.
6. Koordinata o‘qlarini yo‘naltirish kerak.
7.Masalaning statik aniqligini tekshirish lozim.
8.Muvozanat tenglamasini tuzib yechish kerak.
9. Biror reaksiya kuchining ishorasi manfiy chiqsa, yo‘nalishi qarama-qarshi tomonga o‘zgartirish kerak.

10.Yechimlarining to‘g‘riligini tekshirish kerak.

1-masala.

Qattiq mahkamlangan qurilma ikkita bir xil kvadrat plitalar (ABB_1A_1) va (BB_1D_1D) dan iborat bo‘lib, B nuqtasida sferik, A nuqtasida esa silindrik sharnirlar mahkamlangan. CE sterjen muvozanatda ushlab turadi. Qurilmaga aktiv $\overline{F_1}, \overline{F_2}$ kuchlar qo‘yilgan. $\overline{Q_1}, \overline{Q_2}$ lar plitalarning og‘irligi (12 – shakl, a).
Berilgan kuchlarning qiymatlari quyidagicha:
$F_1 = F_2 = 2kN,\ Q_1 = Q_2 = 4\ kN, \alpha = 60^0, \overline{F_1} \perp By, CE \perp By, \overline{F_2} \perp By.$ A va B sharnirlardagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



12 -shakl

Echish:

Qattiq mahkamlangan qurilmaning muvozanatini tekshiramiz. Bog‘lanishdan ozod qilamiz, ya'ni reaksiya kuchlari bilan almashtiramiz. A nuqtadagi silindrik sharnirni reaksiya kuchi- $\overline{X}_A, \overline{Y}_A$, B sferik sharnirni reaksiya kuchi - $\overline{X}_B, \overline{Y}_B, \overline{Z}_B$, CE стерженнинг реакция кучи - $\overline{R}_c$ ga teng bo‘lib, sterjen bo‘ylab yo‘nalgan (12–shakl,b).Masala statik aniq bo‘lib, 6 ta muvozanat tenglama yordamida noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

$1.\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0,\quad X_A + X_B - F_1\cos\alpha - R_c\cos\alpha = 0,$

$2.\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0,\quad F_2 - Y_B = 0,$

$3.\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0,\quad Z_A - Z_B + R_c\sin\alpha - Q_1 - Q_2 + F_1\sin\alpha = 0,$

(2) tenglamadan Y_B ni aniqlaymiz:

$4.\sum_{k=1}^{n} m_x(\overline{F}_k) = 0,\ F_2\cdot a + Q_1\cdot 0{,}5a - R_c\sin\alpha\cdot 0{,}5a + Z_A\cdot a = 0$

$5.\sum_{k=1}^{n} m_y(\overline{F}_k) = 0,\ -R_c\sin\alpha\cdot 0{,}5a - F_1\sin\alpha\cdot a + Q_1\cdot 0{,}5a + Q_2\cdot 0{,}5a = 0$

$6.\sum_{k=1}^{n} m_z(\overline{F}_k) = 0,\ X_A\cdot a - F_1\cos\alpha\cdot a - R_c\cos\alpha\cdot 0{,}5a + F_2\cdot a = 0$

$Y_B = F_2 = 2kN$.(5) tenglamadan R_c ni aniqlaymiz:

$R_c = \dfrac{Q_1\cdot 0{,}5 + Q_2\cdot 0{,}5 - F_1\sin\alpha}{0{,}5\sin\alpha} = \dfrac{0{,}5\cdot 4 + 0{,}5\cdot 4 - 2\cdot 0{,}866}{0{,}5\cdot 0{,}866} = 5{,}24kN.$ (4) tenglamadan Z_A ni aniqlaymiz:

$Z_A = F_2 + Q_1\cdot O{,}5 - R_c\cdot 0{,}5\sin\alpha - F_1\sin\alpha = 2 + 4\cdot 0{,}5 -$
$-5{,}24\cdot 0{,}5\cdot 0{,}866 - 2\cdot 0{,}866 = 0$

(6) tenglamadan X_A ni aniqlaymiz:

$X_A = F_1\cos\alpha + R_c\cdot 0{,}5\cos\alpha - F_2 = 2\cdot 0{,}5 + 5{,}238\cdot 0{,}5\cdot 0{,}5 -$
$-2 = 0{,}31kN.$

(3) tenglamadan Z_B ни аниқлаймиз:

$Z_B = Z_A + R_c \sin\alpha - Q_1 - Q_2 + F_1 \sin\alpha = 0{,}536 + 5{,}24 \cdot 0{,}866 -$
$-4 - 4 + 2 \cdot 0{,}866 = -1{,}73\,kN.$

(1) tenglamadan X_B ni aniqlaymiz:

$X_B = F_1 \cos\alpha + R_c \cos\alpha - X_A = 2 \cdot 0{,}5 + 5{,}24 \cdot 0{,}5 -$
$-0{,}31 = 3{,}31\,kN.$

yechimlarining to‘g‘riligini tekshirish uchun boshqa B_1y_1 o‘qiga nisbatan momentni hisoblaymiz:

$$\sum_{k=1}^{n} m_{y_1}(\overline{F}_k) = 0, -Q_1 \cdot 0{,}5a - Q_2 \cdot 0{,}5a - Z_B \cdot a + R_c \sin\alpha \cdot 0{,}5a +$$
$$+ Z_A \cdot a = -4 \cdot 0{,}5 - 4 \cdot 0{,}5 - (-1{,}73) + 5{,}24 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}866 = 0$$
$$0 = 0$$

Javoblar:

$X_A = 0{,}31kN,\ X_B = 3{,}31\,kN,\ Z_A = 0,\ Y_B = 2kN,$
$Z_B = -1{,}73\,kN,\ R_c = 5{,}24\ kN.$

$\overline{Z}_B$ ning qiymati oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

"MathCAD" dasturi yordamida masalani yechamiz.
Buning uchun berilgan aktiv va og'irlik kuchlarni kompyuterga kiritamiz:

$F_1 := 2 \quad F_2 := 2 \quad Q_1 := 4 \quad Q_2 := 4 \quad \alpha := \frac{\pi}{3}$

$$\begin{pmatrix} X_A \\ X_B \\ Y_B \\ Z_A \\ Z_B \\ R_c \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Given

$X_A + X_B - F_1 \cdot \cos(\alpha) - R_c \cdot \cos(\alpha) = 0$

$-Y_B + F_2 = 0$

$Z_A - Z_B + R_c \cdot \sin(\alpha) - Q_1 - Q_2 + F_1 \cdot \sin(\alpha) = 0$

$F_2 \cdot a + Q_1 \cdot 0.5 \cdot a - R_c \cdot \sin(\alpha) \cdot 0.5 \cdot a + Z_A \cdot a = 0$

$-R_c \cdot \sin(\alpha) \cdot 0.5 \cdot a - F_1 \cdot \sin(\alpha) \cdot a + Q_1 \cdot 0.5 \cdot a + Q_2 \cdot 0.5 \cdot a = 0$

$X_A \cdot a - F_1 \cdot \cos(\alpha) \cdot a - R_c \cdot \cos(\alpha) \cdot 0.5 \cdot a + F_2 \cdot a = 0$

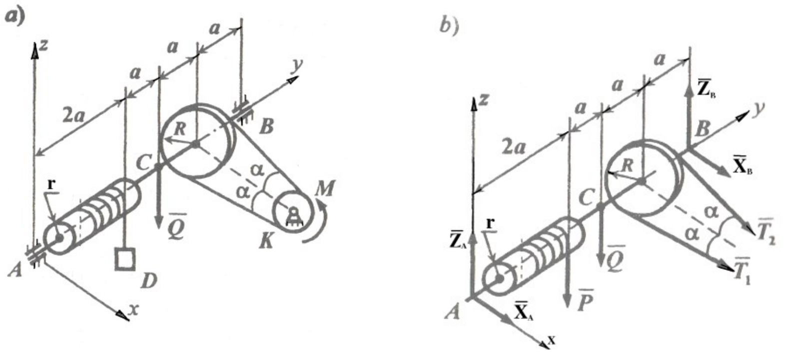
Noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz:

$$\begin{pmatrix} X_A \\ X_B \\ Y_B \\ Z_A \\ Z_B \\ R_c \end{pmatrix} := \mathrm{Find}\left(\begin{pmatrix} X_A \\ X_B \\ Y_B \\ Z_A \\ Z_B \\ R_c \end{pmatrix}\right) \qquad \begin{pmatrix} X_A \\ X_B \\ Y_B \\ Z_A \\ Z_B \\ R_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.31 \\ 3.31 \\ 2 \\ 0 \\ -1.73 \\ 5.24 \end{pmatrix}$$

$\overline{Z}_B$ ning qiymati oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

2-masala.

Ko‘taruvchi mashinaning barabaniga arqon o‘ralgan bo‘lib uchiga P=16 kN og‘irlikdagi yuk osilgan. K shkivning tasmali uzatmasiga momenti M bo‘lgan juft kuch qo‘yilgan bo‘lib u AB ni muvozanatda ushlab turadi. A va B podshipniklarning



13-shakl

reaksiya kuchlari va tasmalarning tortilish kuchlari T_1 va T_2 lar aniqlansin $(T_1 = 2T_2)$, $R = 0{,}3m,\ r = 0{,}15\ m, \alpha = 30^0$. Shkiv va baraban bilan birgalikda valning og‘irligi $Q = 6kN$ (13- shakl, a).

Quyidagilar berilgan:

$P = 16\ kN, T_1 = 2T_2, R = 0{,}3m,\ r = 0{,}15\ m, \alpha = 30^0, Q = 6kN.$

Echish:

Shkiv va baraban bilan birgalikda AB valning muvozanatini tekshiramiz (13- shakl, b).

Val A va B nuqtalarida silindrik sharnirlar bilan bog‘langan bo‘lib, reaksiya kuchlarining tashkil etuvchilari koordinata o‘qlariga parallel yo‘nalgan bo‘lib, $\overline{X}_A, \overline{Z}_A$ va $\overline{X}_B, \overline{Z}_B$. Valga $\overline{P}, \overline{Q}, \overline{T}_1, \overline{T}_2$ aktiv kuchlar qo‘yilgan.

Masala statik aniq masala bo‘lib, noma'lumlar soni tenglamalar soniga tengdir.

Muvozanat tenglama tuzamiz:

$$1. \sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0, \quad X_A + X_B + T_1 \cos\alpha + T_2 \cos\alpha = 0,$$

$$2. \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0, \quad 0 = 0,$$

$$3. \sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0, \quad Z_A + Z_B + T_1 \sin\alpha - P - Q - T_2 \sin\alpha = 0,$$

$$4.\sum_{k=1}^{n} m_x(\overline{F}_k)=0\ ,\ Z_B\cdot 5a - Q\cdot 3a + T_1\sin\alpha\cdot 4a - T_2\sin\alpha\cdot 4a - P\cdot 2a = 0$$

$$5.\sum_{k=1}^{n} m_y(\overline{F}_k)=0\ ,\ P\cdot r - T_1\cdot R + T_2\cdot R = 0$$

$$6.\sum_{k=1}^{n} m_z(\overline{F}_k)=0\ ,\ -X_B\cdot 5a - T_1\cos\alpha\cdot 4a - T_2\cos\alpha\cdot 4a = 0$$

Tenglamalarni yechib noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlaymiz. 5 - tenglamadan $T_1 = T_2$ ni e'tiborga olgan holda tasmalardagi tortilish kuchlarini aniqlaymiz:

$$T_2 = \frac{P\cdot r}{R} = \frac{16\cdot 0{,}15}{0{,}3} = 8\,kN,\quad T_1 = 16\,kN.$$

(6) tenglamadan X_B ni aniqlaymiz:

$$X_B = \frac{-T_2\cdot 4\cdot\cos\alpha - T_1\cdot 4\cdot\cos\alpha}{5} =$$
$$= \frac{-(8\cdot 4 + 16\cdot 4)\cdot 0{,}866}{5} = -16{,}63\ kN.$$

(4) tenglamadan Z_B ni aniqlaymiz:

$$Z_B = \frac{-T_1\cdot 4\cdot\sin\alpha + T_2\cdot 4\cdot\sin\alpha + Q\cdot 3 + P\cdot 2}{5} =$$
$$= \frac{-16\cdot 4\cdot 0{,}5 + 8\cdot 4\cdot 0{,}5 + 6\cdot 3 + 16\cdot 2}{5} = 6{,}8\ kN.$$

(3) tenglamadan Z_A teng :

$$Z_A = -Z_B - T_1\sin\alpha + P + Q + T_2\sin\alpha =$$
$$= 16 + 6 - 6{,}8 - 16\cdot 0{,}5 + 8\cdot 0{,}5 = 11{,}2\ kN.$$

(1) tenglamadan X_A ni aniqlaymiz:

$$X_A = -X_B - T_1\cos\alpha - T_2\cos\alpha =$$
$$= -(-16{,}63) - 16\cdot 0{,}866 = 4{,}15\,kN.$$

Javoblar:

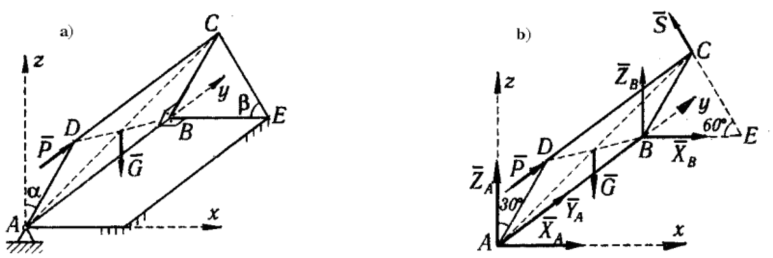
$$X_A = -4{,}15\ kN,\ Z_A = 11{,}2\ kN,\ X_B = -16{,}63\,kN,$$
$$Z_B = 6{,}8\ kN,\ T_1 = 2T_2 = 16\ kN.$$

$\overline{X}_A, \overline{X}_B$ larning qiymati oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

3 -masala.

Berilgan:

ABCD ramaning og‘irligi $G = 1kN,\ P = 2kN,\ \overline{P}\uparrow\downarrow Ay,$
$AD = BC = 60\ sm,\quad AB = CD = 100\ sm, \alpha = 30^0,\ \beta = 60^0$ (14-shakl , a).



14-shakl

A, B, C bog‘lanishlardagi reaksiya kuchlari aniqlansin.

Echish:

ABCD ramaga og‘irlik kuchi $\overline{G}$, kuch $\overline{P}$, CE sterjenning reaksiya kuchi $\overline{S}$, A va B tayanchdagi reaksiya kuchlari qo‘yilgan. A sharnirning reaksiya kuchlari $\overline{X}_A, \overline{Y}_A, \overline{Z}_A$, B sharnir esa $\overline{X}_B, \overline{Y}_B$ tashkil etuvchilardan iborat (14-shakl,b). Noma'lum reaksiya kuchlarini aniqlash uchun muvozanat tenglama tuzamiz:

1.$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$, $X_A + X_B - S\cos 60^0 = 0,$

2.$\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$, $Y_A + P = 0,$

3.$\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0$, $Z_A + Z_B - G + S\cos 30^0 = 0,$

4.$\sum_{k=1}^{n} m_x(\overline{F}_k) = 0$, $Z_B \cdot AB - P \cdot AD\cos 30^0 - G \cdot AB/2 + S\cos 30^0 AB = 0$

5.$\sum_{k=1}^{n} m_y(\overline{F}_k) = 0$, $G \cdot (BC/2)\sin 30^0 - S \cdot BC\sin 60^0 = 0$

6.$\sum_{k=1}^{n} m_z(\overline{F}_k) = 0$, $-X_B \cdot AB + P \cdot AD\sin 30^0 + S\cos 60^0 AB = 0$

(5) tenglamadan:

$$S = \frac{1 \cdot 30 \cdot 0{,}5}{60 \cdot 0{,}866} = \frac{15}{51{,}96} = 0{,}289\ kN$$

(6) tenglamadan:

$$X_B = \frac{P \cdot AD\sin 30^0 + S\cos 60^0 AB}{AB} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 0{,}5 + 0{,}289 \cdot 0{,}5 \cdot 100}{100} = 0{,}744\ kN$$

(4) tenglamadan :

$$Z_B = \frac{P \cdot AD\cos 30^0 + G \cdot AB/2 - S\cos 30^0 AB}{AB} =$$

$$= \frac{2 \cdot 60 \cdot 0{,}866 + 1 \cdot 50 - 0{,}289 \cdot 0{,}866 \cdot 100}{100} = \frac{153{,}92 - 25{,}02}{100} = 1{,}29\ kN$$

(1) tenglamadan:

$X_A = -X_B + S\cos 60^0 = -0{,}744 + 0{,}289 \cdot 0{,}5 = -0{,}599\ kN.$

(2) tenglamadan:

$Y_A = -P = -2\ kN.$

(3) tenglamadan:

$Z_A = -Z_B + G - S\cos 30^0 = -1{,}29 + 1 - 0{,}289 \cdot 0{,}866 = -0{,}54\ kN.$

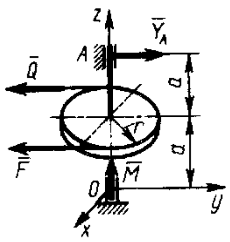
Javoblar:

$S = 0{,}289\ kN;\ X_A = -0{,}599\ kN;\ Y_A = -2\ kN;\ Z_A = -0{,}54\ kN;$

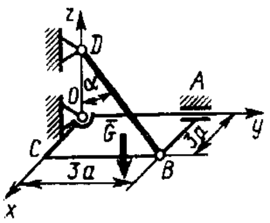
$X_B = 0{,}744;\ Z_B = 1{,}29\ kN.$

Kuchlar oldidagi minus ishorasi uning yo‘nalishi shakldagiga qarama-qarshi yo‘nalishini ko‘rsatadi.

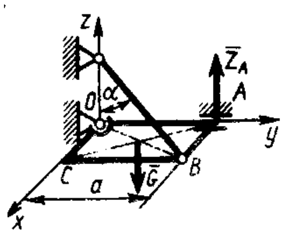
Mustaqil ta'lim bo‘yicha bilimlarini mustahkamlash uchun yechiladigan masalalar



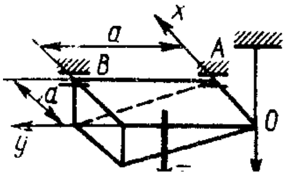
1.Radiusi $r = 0{,}3m$ li shkiv o‘lchamlari $a = 0{,}3m$ bo‘lgan vertikal o‘qqa o‘rnatilgan bo‘lib, $F = 2Q = 120\ N$ kuch- lar va momenti $M = 18\ N \cdot m$ juft kuch ta’sirida muvozanatda bo‘ladi. A pod- shipnikning $\overline{Y}_A$ reaksiya kuchini, Ox o‘qiga nisbatan momentlar tenglamasini tuzib, toping. Bunda $\overline{F} \parallel \overline{Q} \parallel$Oy. (90)



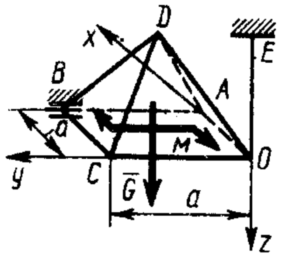
2.O‘lchamlari $a = 2\ m$, og‘irligi $G = 30\ N$ bo‘lgan bir jinsli OABC plita po‘lat arqon BD vositasida va *O, A* sharnirlar orqali gorizontal mahkamlangan. *BD* arqonning taranglik kuchini aniqlang. Bunda $\alpha = 60^0$. (30)



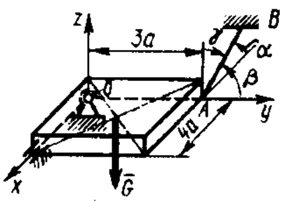
3.Tomonlari $a = 0{,}5\,m$ bo‘lgan kvadrat shaklidagi $OABC$ bir jinsli ramaning og‘irligi $G = 140\ N$ bo‘lib, gorizontal holatda muvozanatda ushlab turiladi. Agar $\alpha = 60^0$ bo‘lsa, A sharnirning $\overline{Z}_A$ reaksiya kuchini, OB chiziqqa nisbatan moment tenglamasini tuzib, hisoblang. (0)



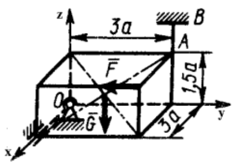
4.O‘lchamlari $a = 0{,}1\,m$ bo‘lgan bir jinsli jismning og‘irligi $G = 60\ N$ bo‘lib, shakldа ko‘rsatilgan bog‘lanishlar vositasida muvozanatda ushlab turiladi. Kuchlarning Ox o‘qiga nisbatan momenti tenglamalarini tuzib, B sharnir reaksiya kuchining vertikal tashkil etuvchisini toping.(40)



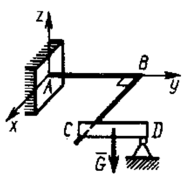
5. O‘lchamlari $a = 3\,m$ bo‘lgan, bir jinsli $OABCD$ piramidaning og‘irligi $G = 60\ N$ bo‘lib, unga momenti $M = 150\ N \cdot m$ li juft kuch ta’sir etadi. Agar piramida shakldа ko‘rsatil- gan bog‘lanishlar yordamida muvozanatda bo‘lsa, B sharnir reaksiya kuchining Ox o‘qiga parallel tashkil etuvchisini toping. (50)



6.O‘lchamlari $a = 20\,sm$ bo‘lgan bir jinsli plita $G = 400\ N$ og‘irlikka ega. Agar plita shakldа ko‘rsatilgan bog‘lanishlar vosi tasida muvozanatda bo‘lib, $\alpha = 61^0$, $\beta = 44^0, \gamma = 60^0$ bo‘lsa, AB arqonning taranglik kuchini, Ox o‘qiga nisbatan moment tenglamasini tuzib, toping. (400).



7. Tomonlari $a = 0{,}2\,m$ bo‘lgan jism $G = 11\ kN$ og‘irlikka ega bo‘lib, $F = 3\ kN$ kuch ta’sirida va shakldа ko‘rsatilgan bog‘lanishlar yordamida muvozanatda ushlab turiladi. AB arqon- ning taranglik kuchini, Ox o‘qiga nisbatan moment tenglamasini tuzib, toping. ($4*10^3$)



8.Og‘irligi $G = 10\ kN$ bo‘lgan bir jinsli gorizontal CD balka C nuqtasi bilan gorizontal tekislikda joylashgan bukilgan sterjen ABC ga tiralgan. A tayanch reaksiya kuchi R_A - ning miqdorini aniqlang. ($5*10^3$)

Hisob- grafik ishlarni bajarish uchun topshiriqlar
Mavzu: Tayanch reaksiya kuchlarini aniqlash

Jadval 1

Topshiriq tartib raqami		**Kuchlar, kN**			**O‘lchamlar , sm**				
		Q	T	G	a	b	**c**	**R**	**r**
1.	**a**	**2**	**-**	**20**	**20**	**30**	**10**	**15**	**5**
	b	**3**	**-**	**30**	**30**	**40**	**20**	**25**	**10**
	c	**4**	**-**	**40**	**40**	**50**	**30**	**30**	**15**
2.	**a**	**4**	**-**	**2**	**20**	**10**	**30**	**10**	**10**
	b	**6**	**-**	**4**	**40**	**20**	**40**	**20**	**20**
	c	**8**	**-**	**6**	**60**	**30**	**50**	**30**	**30**
	a	**20**	**-**	**18**	**400**	**400**	**450**	**-**	**-**

3.	**b**	**10**	**-**	**8**	**300**	**300**	**350**	**-**	**-**
	c	**15**		**13**	**350**	**350**	**400**	**-**	**-**
4.	**a**	**3**	**-**	**2**	**30**	**20**	**40**	**15**	**10**
	b	**6**	**-**	**4**	**60**	**40**	**80**	**30**	**20**
	c	**2**	**-**	**1**	**20**	**10**	**30**	**5**	**3**
5.	**a**	**5**	**-**	**3**	**30**	**40**	**20**	**20**	**15**
	b	**10**	**-**	**6**	**60**	**80**	**40**	**40**	**30**
	c	**15**		**9**	**90**	**120**	**60**	**60**	**45**
6.	**a**	**1**	**4**	**2**	**40**	**30**	**20**	**20**	**10**
	b	**2**	**8**	**4**	**80**	**60**	**40**	**40**	**20**
	c	**3**	**12**	**6**	**120**	**90**	**60**	**60**	**30**
7.	**a**	**-**	**3**	**1**	**30**	**10**	**5**	**18**	**6**
	b	**-**	**6**	**2**	**60**	**20**	**10**	**38**	**12**
	c	**-**	**9**	**3**	**90**	**30**	**15**	**54**	**18**
8.	**a**	**4**	**6**	**3**	**20**	**40**	**15**	**20**	**10**
	b	**8**	**12**	**6**	**40**	**80**	**30**	**40**	**20**
	c	**12**	**18**	**9**	**60**	**120**	**45**	**60**	**30**
9.	**a**	**5**	**-**	**3**	**20**	**15**	**10**	**30**	**40**
	b	**10**	**-**	**6**	**40**	**30**	**20**	**60**	**80**
	c	**15**	**-**	**9**	**60**	**45**	**30**	**90**	**120**
10.	**a**	**1**	**4**	**2**	**30**	**40**	**20**	**20**	**10**
	b	**2**	**8**	**4**	**60**	**80**	**40**	**40**	**20**
	c	**3**	**12**	**6**	**90**	**120**	**60**	**60**	**30**

Jadval 2

Topshiriq tartib raqami		**Kuchlar, kN**			**O‘lchamlar , sm**				
		Q	T	G	a	b	**c**	**R**	**r**
11.	**a**	**-**	**2**	**1**	**20**	**30**	**15**	**15**	**10**
	b	**-**	**4**	**2**	**40**	**60**	**30**	**30**	**20**
	c	**-**	**6**	**3**	**60**	**90**	**45**	**45**	**30**
12.	**a**	**4**	**-**	**1**	**25**	**30**	**8**	**15**	**10**
	b	**8**	**-**	**2**	**50**	**60**	**16**	**30**	**20**
	c	**12**	**-**	**3**	**75**	**90**	**24**	**45**	**30**
13.	**a**	**10**	**-**	**5**	**40**	**30**	**20**	**25**	**15**
	b	**20**	**-**	**10**	**80**	**60**	**40**	**50**	**30**
	c	**30**	**-**	**15**	**120**	**90**	**60**	**75**	**45**
14.	**a**	**-**	**2**	**1**	**30**	**90**	**20**	**30**	**10**
	b	**-**	**4**	**2**	**60**	**180**	**40**	**60**	**20**
	c	**-**	**6**	**3**	**90**	**270**	**60**	**90**	**30**
15.	**a**	**3**	**-**	**2**	**60**	**20**	**40**	**20**	**5**
	b	**6**	**-**	**4**	**120**	**40**	**80**	**40**	**10**
	c	**9**	**-**	**6**	**180**	**60**	**120**	**60**	**15**
16.	**a**	**4**	**-**	**2**	**50**	**30**	**-**	**-**	**-**
	b	**8**	**-**	**4**	**100**	**60**	**-**	**-**	**-**
	c	**12**	**-**	**6**	**150**	**90**	**-**	**-**	**-**
17.	**a**	**2**	**-**	**1**	**15**	**10**	**20**	**20**	**5**
	b	**4**	**-**	**2**	**30**	**20**	**40**	**40**	**10**
	c	**6**	**-**	**3**	**45**	**30**	**60**	**60**	**15**
18.	**a**	**6**	**-**	**2**	**60**	**40**	**60**	**-**	**-**
	b	**12**	**-**	**4**	**120**	**80**	**120**	**-**	**-**
	c	**18**	**-**	**6**	**180**	**120**	**180**	**-**	**-**
19.	**a**	**-**	**8**	**2**	**20**	**30**	**40**	**20**	**15**
	b	**-**	**16**	**4**	**40**	**60**	**80**	**40**	**30**
	c	**-**	**24**	**6**	**60**	**90**	**120**	**60**	**45**
	a	**4**	**-**	**-**	**60**	**40**	**220**	**-**	**-**

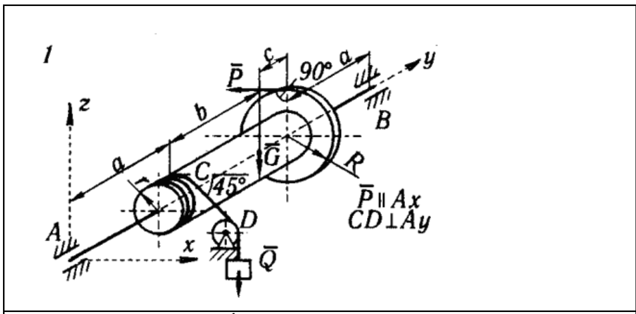
20.	b	8	-	-	120	80	440	-	-
	c	12	-	-	180	120	660	-	-

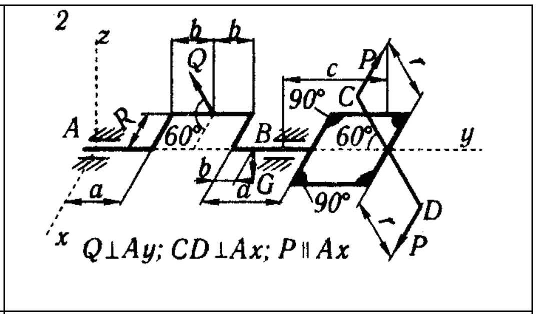
Jadval 3

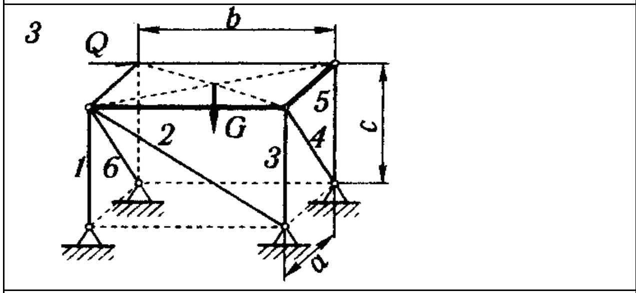
Topshiriq tartib raqami		Kuchlar, kN			O‘lchamlar , sm				
		Q	T	G	a	b	c	R	r
21.	a	2	-	-	40	60	30	-	-
	b	4	-	-	80	120	60	-	-
	c	6	-	-	120	180	90		
22.	a	-	-	5	20	50	30	-	-
	b	-	-	10	40	100	60	-	-
	c			15	60	150	90	-	-
23.	a	-	-	4	40	30	50	-	-
	b	-	-	8	80	60	100	-	-
	c	-	-	12	120	90	150	-	-
24.	a	5	-	2	-	-	-	-	-
	b	10	-	4	-	-	-	-	-
	c	15	-	6	-	-	-	-	-
25.	a	-	-	3	50	50	60	-	-
	b	-	-	6	100	100	120	-	-
	c	-	-	9	150	150	180	-	-
27.	a	10	-	-	50	30	50	-	-
	b	20	-	-	100	60	100	-	-
	c	30	-	-	150	90	150	-	-
28.	a	35	-	32	400	200	200	-	-
	b	70	-	64	800	400	400	-	-
	c	105	-	96	1200	600	600	-	-
29.	a	-	4	3	15	20	15	15	10
	b	-	8	6	30	40	30	30	20
	c	-	12	9	45	60	45	45	30
30.	a	5	-	--	40	40	10	-	-
	b	10	-	-	80	80	20	-	-
	c	15	-	-	120	120	30	-	-

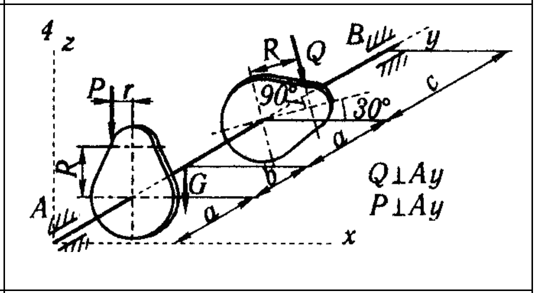
Izox:

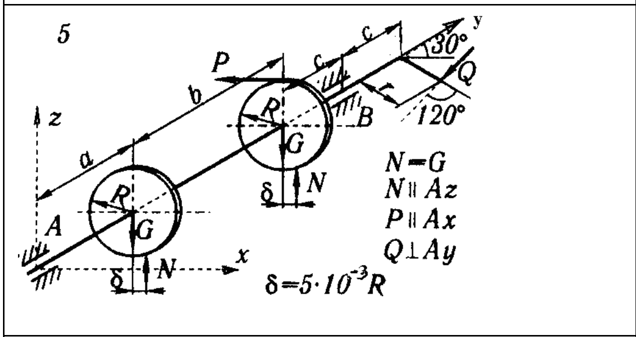
1. **16,18,22-26 variantlardagi silindrik sharnirlar** ramalarning AB bo‘ylab harakatlanishiga qarshilik qilmaydi. Quyida variantlar chizmalari berilgan:
2. **20 va 21 variantlarda tekisliklar absolyut** silliq deb qaralsin. berilgan:

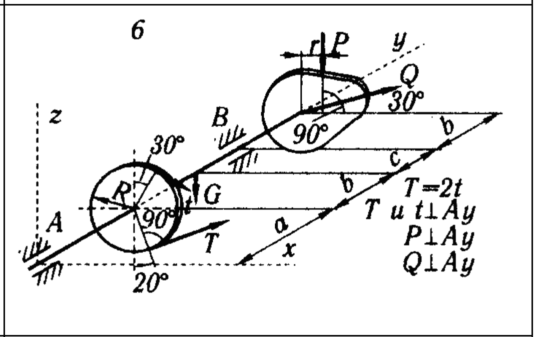

1
$\bar{P} \parallel Ax$
$CD \perp Ay$

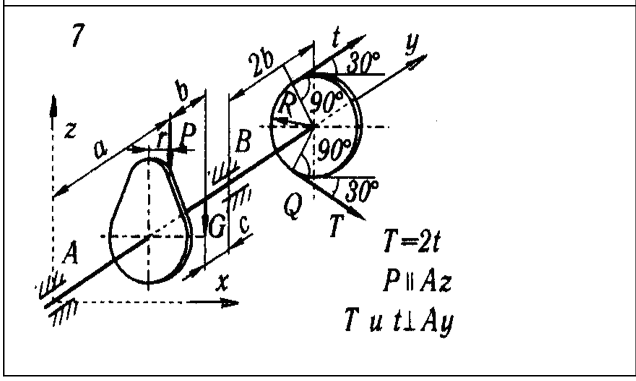

2
$Q \perp Ay$; $CD \perp Ax$; $P \parallel Ax$

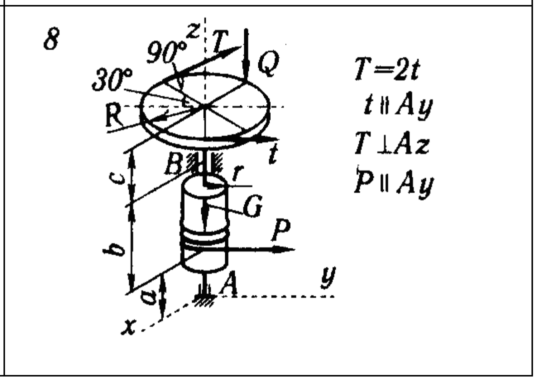

3

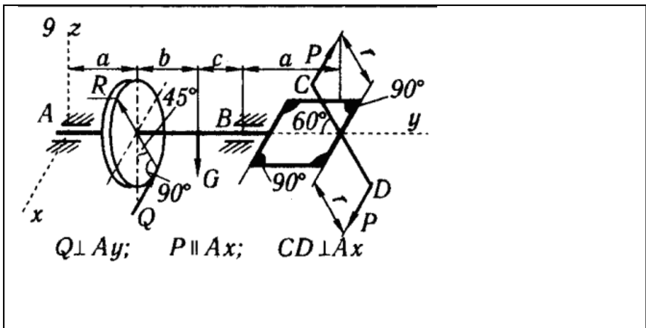

4
$Q \perp Ay$
$P \perp Ay$

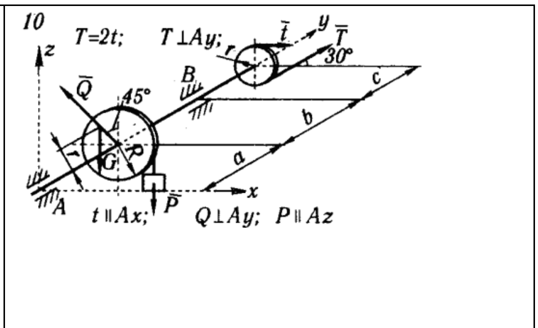

5
$N = G$
$N \parallel Az$
$P \parallel Ax$
$Q \perp Ay$
$\delta = 5 \cdot 10^{-3} R$

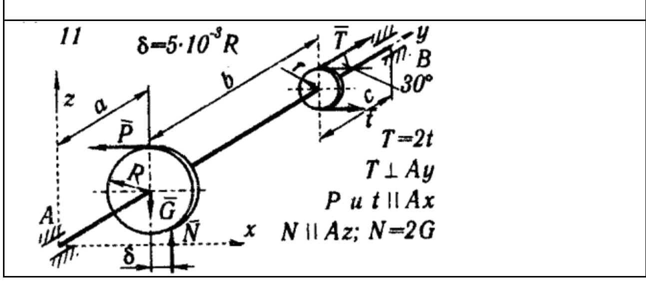

6
$T = 2t$
T и $t \perp Ay$
$P \perp Ay$
$Q \perp Ay$

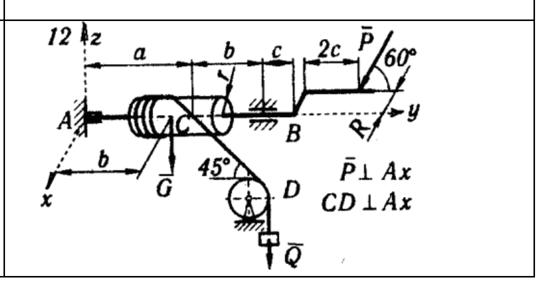

7
$T = 2t$
$P \parallel Az$
T и $t \perp Ay$

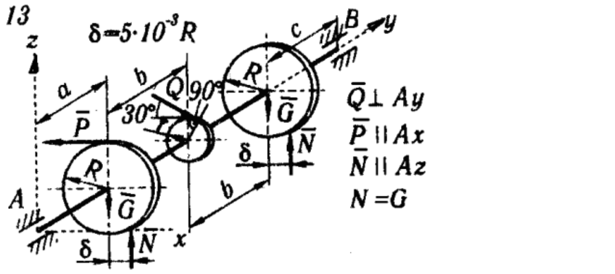

8
$T = 2t$
$t \parallel Ay$
$T \perp Az$
$P \parallel Ay$

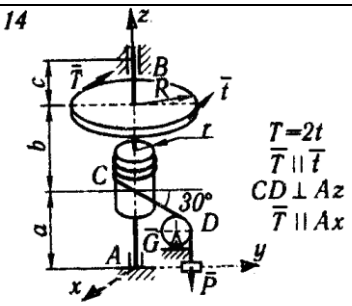

9
$Q \perp Ay$; $P \parallel Ax$; $CD \perp Ax$

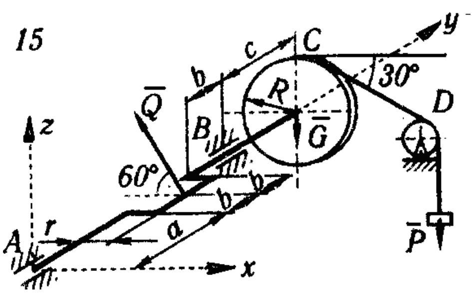

10
$T = 2t$; $T \perp Ay$;
$t \parallel Ax$; $Q \perp Ay$; $P \parallel Az$

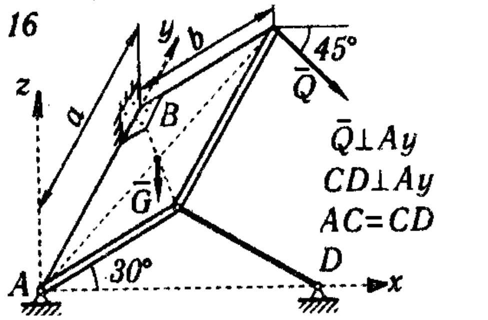

11
$\delta = 5 \cdot 10^{-3} R$
$T = 2t$
$T \perp Ay$
P и $t \parallel Ax$
$N \parallel Az$; $N = 2G$

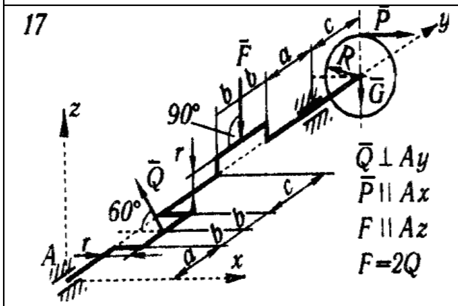

12
$\bar{P} \perp Ax$
$CD \perp Ax$

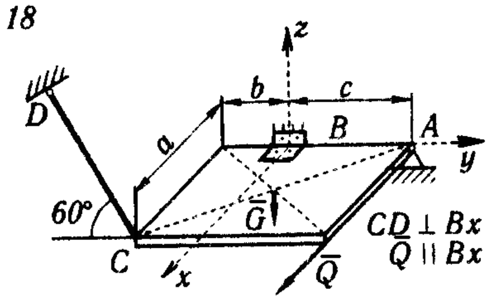

13
δ=5·10⁻³R
Q̄ ⊥ Ay
P̄ ∥ Ax
N̄ ∥ Az
N = G

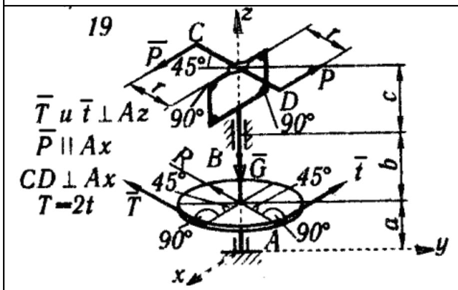

14
T=2t
T̄ ∥ t̄
CD ⊥ Az
T̄ ∥ Ax

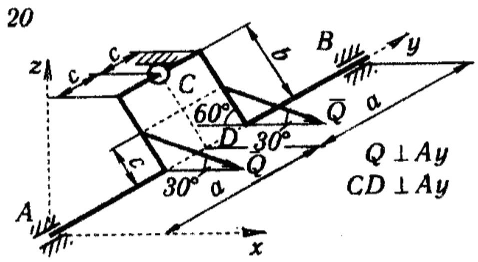

15
30°
60°

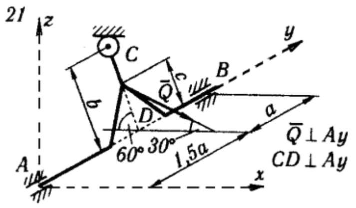

16
Q̄ ⊥ Ay
CD ⊥ Ay
AC=CD
45°
30°

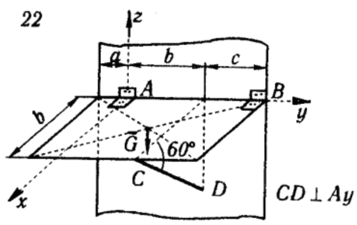

17
Q̄ ⊥ Ay
P̄ ∥ Ax
F ∥ Az
F=2Q

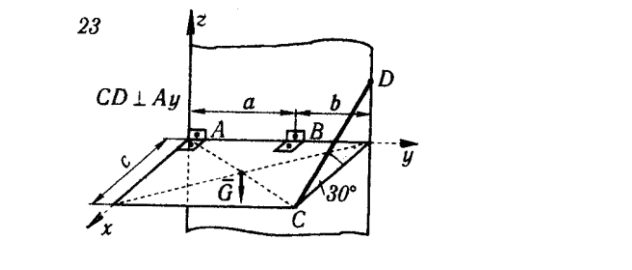

18
60°
CD ⊥ Bx
Q̄ ∥ Bx

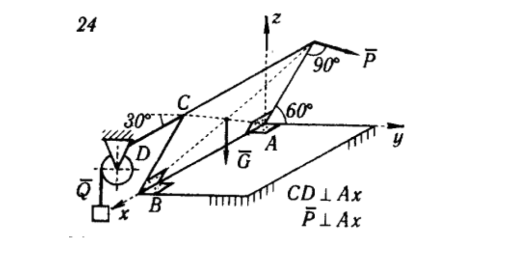

19
T̄ и t̄ ⊥ Az
P̄ ∥ Ax
CD ⊥ Ax
T=2t

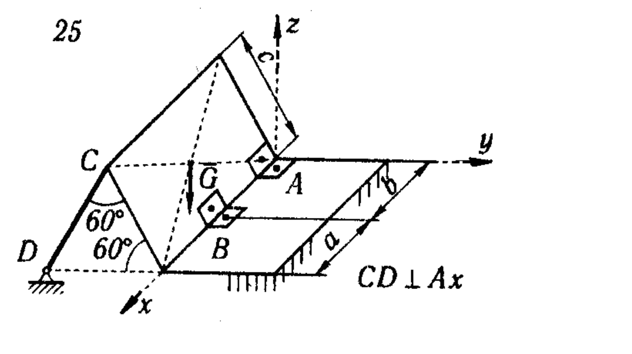

20
Q ⊥ Ay
CD ⊥ Ay

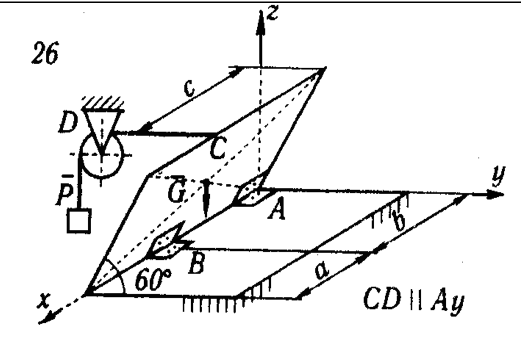

21
Q̄ ⊥ Ay
CD ⊥ Ay
1,5a

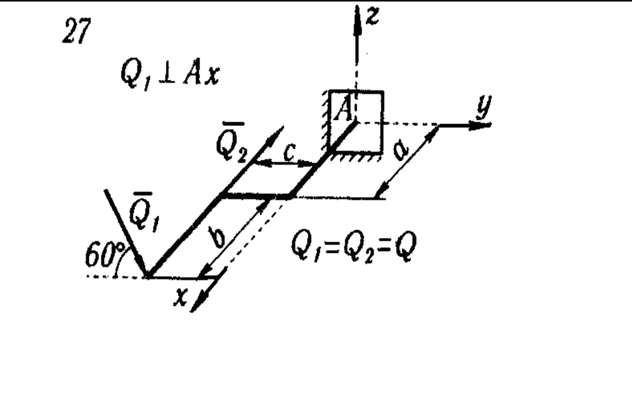

22
CD ⊥ Ay
60°

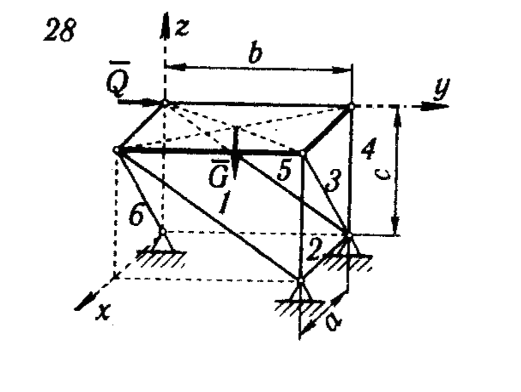


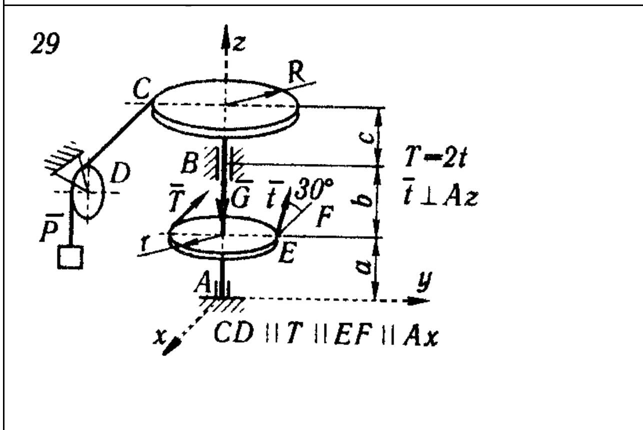


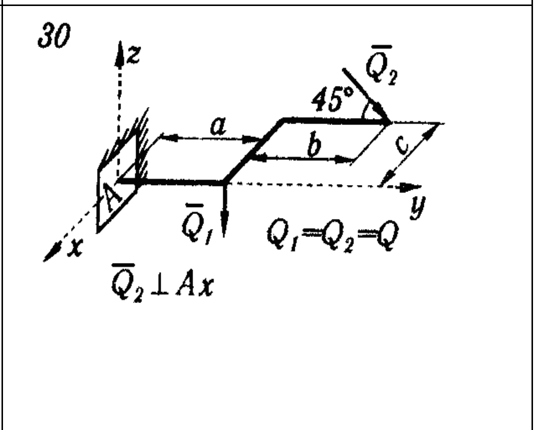












Foydalanilgan adabiyotlar

1.Шохайдарова П. ва бошšалар. Назарий механика.–Т.: Ўқитувчи, 1992.

2. Рашидов Т.Р. ва бошšалар. Назарий механика асослари. –Т.: Ўқитувчи, 1991.

3. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D. «Nazariy mexanika» O'quv qo'llanva ,T:, Yangi asr avlod, 2008.

4. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D. «Nazariy mexanika» (Statika). O'quv qo'llanva TDTU, 2006.

5.Сборник заданий по теоретической механике. Под редакцией В.В. Дрожжина, 2-е изд., Санкт-Петербург-Москва, 2012.

6. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.-Т.: Œšитувчи, 1990.
7. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Под редакцией А.А. Яблонского,18-е изд. -М.: КНОРУС, 2011.
8. Журавлёв В.Ф. Основы теоретической механики. 3-е изд., М., Физматлит, 2008.
9. Яковенко Г.Н. Краткий курс теоретической механики. М., Бином, 2006.
10. Anorqulov T., Xusanov Q., Komiljonov A. Nazariy mexanikadan kurs ishlari uchun topshiriqlar to‘plami -T.: Ziyo-nashr, 2002.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

X. N. HABIBULLAYEVA, F. D. FAYZULLAYEVA

NUQTANING MURAKKAB HARAKATI

5520000 - muhandislik va muhandislik ishi
bakalavriat ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun

Toshkent – 2011

Udk. 531.8
Nuqtaning murakkab harakati. Uslubiy ko‘rsatma. X.N.Habibullayeva, F.D.Fayzullayeva. Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 2011, 48 b.

Texnikaning barcha sohalarida, ayniqsa, umumiy mashinasozlik, asbobsozlik ââ àniq mashinasozlik, qurilish, avtomatika, mikrorobotlar_texnikasida, tabobat, hisoblash, kosmik va maxsus texnikaning rivojlanishi va ularning mexanizmlarini, uskunalarini óaratishda talabalarning «Nazariy mexanika» fanidan olgan bilimlari asosiy o‘rinni egallaydi.

Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan bo‘lgan «Nazariy mexanika» fanining talabalar tomonidan chuqur o‘zlashtirilishi uchun o‘quv jarayonida hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun ko‘rsatma materiallardan, uslubiy ko‘rsatmalardan, yangi informatsion texnologiyalar va multimedia usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ushbu uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan mavzu bo‘yicha talabalar hisoblash-grafik ishlarini bajaradilar. Kinematika bo‘limining asosiy mavzularidan biri «Nuqtaning murakkab harakati»dir. Uslubiy ko‘rsatmada mavzuning nazariy qismi yoritilgan va hisoblash-grafik ishlarini bajarishda foydalanish uchun variant masalalaridan namunalar yechib ko‘rsatilgan. Talabalar o‘z bilimlarini tekshirishlari uchun qisqa masalalar javoblari bilan keltirilgan. Uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan namunalarga asoslanib, talabalar berilgan topshiriqlarni mustaqil ravishda bajarishlari mumkin. Uslubiy ko‘rsatma talabalarning nazariy va amaliy bilimlarini oshirishda, mustaqil ta’limlarida hamda tekshiruv ishlarini bajarishda yaqindan yordam beradi.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga ko‘ra chop etildi.

Taqrizchilar:

Xamidov A.A. O‘zbekiston Milliy Universiteti «Nazariy va tadbiqiy mexanika» kafedrasi professori, fizika-matematika fanlari doktori.

Shokirov A.A. Toshkent davlat texnika universiteti «Gidravlika va gidroenergetika» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

KIRISH

«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlar turkumiga kirib, barcha mutaxassisliklar bo‘yicha muhandislar tayyorlashda dasturiy fanlardan biridir. Hozirgi zamon texnikasining jadal sur’atlar bilan rivojlanib borishi, ishlab chiqarish jarayonlariga texnologik talablarni hisobga olgan holda parametrlari va bog‘lanishlari boshqariladigan mashina hamda mexanizmlarni keng tatbiq etish, ularning asosiy ishchi qismlari harakatlarining nazariy asoslarini yaratishda umummuhandislik fanlarining asosi bo‘lgan «Nazariy mexanika» fani qonunlari va prinsiplariga asoslanadi. Shuning uchun ham bu fanda o‘rganiladigan barcha mavzular har qanday murakkab mashina va jihozlarning ishlash sirlarini anglab yetishda dasturulamal vazifasini bajaradi.

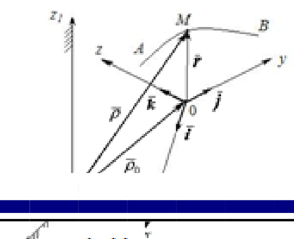
«Nazariy mexanika» fanida jismlarning harakatini o‘rganishda kuchlarni hisobga olmagan holda kinematik xarakteristikalarni aniqlash kinemavtika bo‘limida o‘rganiladi. Ya’ni, jismlar harakati bu harakatni vujudga keltiruvchi sababga bog‘lanmagan holda tekshiriladi. Uslubiy ko‘rsatmada nisbiy va ko‘chirma harakat qonunlari berilganda nuqtaning mutlaq harakati tekshiriladi. Harakatni tekshirishda tezliklarni qo‘shish teoremasi va Koriolis teoremalaridan foydalanilib, ko‘chirma harakat, ilgarilanma harakat, ko‘chirma harakat, aylanma harakat bo‘lgan hollarda mutlaq tezliklar va mutlaq tezlanishlar aniqlandi. Bu mavzu talabalarning mustaqil ta’lim bo‘yicha bajariladigan hisoblash-grafik ishlari uchun asosiy ko‘rsatmadir. Talabalar o‘z bilimlarini tekshirish uchun mavzudan so‘ng takrorlash savollari va bilimlarini mustahkamlash uchun qisqa masalalar javoblari bilan keltirilgan, namunaviy masalalar yechib ko‘rsatilgan.

1-§. Nuqtaninig mutlaq harakati

1.1. Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq harakatlari

Nuqtaning murakkab harakatini tekshirishda quyidagi sanoq sistemalaridan foydalanamiz: harakatlanuvchi jism bilan bog‘langan $Oxyz$ qo‘zg‘aluvchi sanoq sistemasi va $O_1x_1y_1z_1$ qo‘zg‘almas sanoq sistemasi (1-shakl).

Ta’riflar:



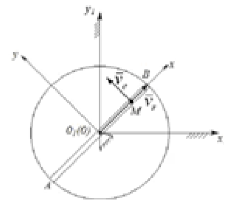
1-shakl

1. M nuqtaning qo‘zg‘aluvchi $Oxyz$ sanoq sistemaga nisbatan harakati nisbiy harakat deb ataladi. M nuqtaning $Oxyz$ sanoq sistemasiga nisbatan harakat tezligi nisbiy tezlik deyiladi va $\bar{v}_r$ bilan belgilanadi. M nuqtaning nisbiy harakat tezlanishi nisbiy tezlanish deb ataladi va $\bar{a}_r$ bilan belgilanadi. $\bar{v}_r$ va $\bar{a}_r$ larni hisoblaganda $Oxyz$ koordinata sistema qo‘zg‘almas deb faraz qilinadi.

2. $Oxyz$ qo‘zg‘aluvchi sanoq sistemasining va sanoq sistemasi bilan hamisha bog‘langan fazo nuqtalarining g‘o‘zg‘almas $O_1x_1y_1z_1$ koordinata sistemasiga nisbatan harakati M nuqtaning ko‘chirma harakati deb ataladi. Shu paytda harakatlanayotgan M nuqtaga to‘g‘ri keladigan hamda $Oxyz$ g‘o‘zg‘aluvchi sanoq sistemasi bilan bog‘langan nuqtaning tezligi M nuqtaning ko‘chirma tezligi deb ataladi va $\bar{v}_e$ bilan belgilanadi. M nuqtaning ko‘chirma tezligini aniqlash uchun uning nisbiy harakati fikran to‘xtatiladi va nuqtaning tezligi qo‘zg‘almas $Oxyz$ koordinata sistemaga nisbatan aniqlanadi. Shu paytda harakatlanayotgan M nuqtaga to‘g‘ri keladigan, hamisha
qo‘zg‘aluvchi $Oxyz$ sistema bilan bog‘langan M nuqtaning tezlanishi ko‘chirma tezlanish deb ataladi va $\bar{a}_e$ bilan belgilanadi. M nuqtaning ko‘chirma tezlanishini aniqlash uchun uning nisbiy harakati fikran to‘xtatiladi va nuqtaning tezlanishi qo‘zg‘almas sistemaga nisbatan aniqlanadi.

3. M nuqtaning $O_1x_1y_1z_1$ qo‘zg‘almas sistemaga nisbatan harakati mutlaq yoki murakkab harakati deb ataladi.

Bu harakatda nuqtaning mutlaq tezligi $\bar{v}_a$, mutlaq tezlanishi $\bar{a}_a$ bilan belgilanadi.



2-shakl

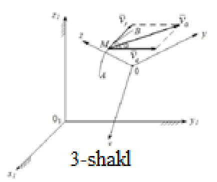
Misol. Disk o‘zining tekisligiga tik bo‘lgan va 0_1 nuqtadan o‘tuvchi o‘q atrofida aylanadi. AB diametr bo‘ylab M nuqta harakatlanadi (2-shakl). $O_1x_1y_1$ qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasi va hamisha disk bilan bog‘langan Oxy qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasini tanlab olamiz: Ox o‘qini AB diametr bo‘ylab yo‘naltiramiz. Bu vaqtda M nuqtaning Ox o‘qi (AB diametr) bo‘ylab harakati nisbiy harakat, tezligi $\bar{v}_r$ bilan belgilana- di. Bu harakat to‘g‘ri chiziqli harakatdir.

Diskning qo‘zg‘almas $O_1x_1y_1$ sistemaga nisbatan harakati M nuqtaning ko‘chirma harakati bo‘ladi. Bu harakat OO_1 o‘q atrofida aylanma harakatdir. Shu paytda nuqtaning tezligi $\bar{v}_e$ bo‘ladi. Bu tezlik D disk M nuqtasining aylanma tezligidir.

1.2. Nuqtaning mutlaq tezligini aniqlash

Nuqtaning nisbiy harakati (nisbiy tezligi) va ko‘chirma harakat (ko‘chirma tezligi) ma’lum bo‘lsin.

Nuqtaning mutlaq tezligini tezliklarni qo‘shish teoremasidan aniqlaymiz.



3-shakl

Teorema. Murakkab harakatda nuqtaning mutlaq tezligi ko‘chirma va nisbiy harakat tezliklarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r \qquad (1.1)$$

Nuqtaning mutlaq tezligi modul va yo‘nalish jihatdan ko‘chirma hamda nisbiy tezliklardan yasalgan parallelogrammning diagonaliga teng bo‘ladi.

3-shaklda yasalgan figura tezliklar parallelogrammi deb ataladi.

$\bar{v}_e$ va $\bar{v}_r$ yo‘nalishlari orasidagi burchakni α bilan belgilab olsak, $\bar{v}_a$ vektorning moduli quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$v_a = \sqrt{v_e^{\,2} + v_r^{\,2} + 2v_e v_r \cos\alpha} \qquad (1.2)$$

mutlaq tezlikning modulini $\bar{v}_a$ ning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari bo‘yicha aniqash mumkin. (1.1) tenglikni tezliklar parallelogrammining tekisligida joylashgan va o‘zaro tik bo‘lgan ikkita o‘qqa proeksiyalaymiz:

$$v_{ax} = v_{ex} + v_{rx}$$

$$v_{ay} = v_{ey} + v_{ry}$$

$\bar{v}_a$ vektorining modul $v_a = \sqrt{v_{ax}^{\,2} + v_{ay}^{\,2}}$ (1.3)

Tezliklar parallelogrammi yordamida nuqtaning murakkab harakatiga doir bir qancha masala yechiladi:

1. $\bar{v}_e$ va $\bar{v}_r$ tezliklar ma’lum bo‘lsa, $\bar{v}_a$ mutlaq tezlikni topish mumkin;
2. $\bar{v}_a$ tezlik va $\bar{v}_e$, $\bar{v}_r$ tezliklarning yo‘nalishlari ma’lum bo‘lsa,

$\bar{v}_e$ va $\bar{v}_r$ larning modullarini topish mumkin;

3. $\bar{v}_a$ va $\bar{v}_r$ tezliklar ma’lum bo‘lsa, $\bar{v}_r = \bar{v}_a + (-\bar{v}_e)$ formuladan $\bar{v}_r$ nisbiy tezlikni topish mumkin (4a-shakl).

1.3. Nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash

Nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlashda ikki holni ko‘ramiz:
1. Ko‘chirma harakat ilgarilanma harakat bo‘lgan hol.
2. Ko‘chirma harakat aylanma harakatdan iborat bo‘lgan hol.

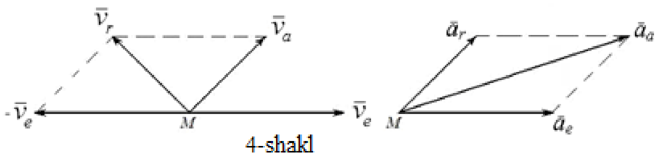
Кo‘chirma harakat ilgarilanma harakat bo‘lgan holda nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash

Teorema.Ko‘chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo‘lganda nuqtaning mutlaq tezlanishi, ko‘chirma va nisbiy tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r \qquad (1.4)$$

Boshqacha aytganda, ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lganda nuqtaning mutlaq tezlanishi modul va yo‘nalish jihatidan ko‘chirma va nisbiy tezlanish vektorlariga qurilgan parallelo- grammning diagonaliga teng bo‘ladi (4b-shakl).

Agar nuqtaning harakati ixtiyoriy egri chiziqli bo‘lsa, $\bar{a}_r$- nisbiy tezlanish normal va urinma tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni :



4-shakl

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau}$$

Bu holda (1.4) formula quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau} \qquad (1.5)$$

Кo‘chirma harakat aylanma harakat bo‘lgan holda nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash

Bu holda nuqtaning mutlaq tezlanishi Koriolis teoremasi- dan aniqlanadi.

Teorema. Ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lgan holda, nuqtaning mutlaq tezlanishi ko‘chirma, nisbiy va Koriolis tezlanishlarining geometrik yigindisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к \qquad (1.6)$$

Koriolis tezlanishi, qo‘zg‘aluvchi koordinata sistemasi bilan bog‘langan jism burchak tezligining nuqtaning nisbiy tezligiga bo‘lgan vektor ko‘paytmasining ikkilanganiga teng, ya’ni:

$$\bar{a}_к = 2[\bar{\omega}_e \times \bar{v}_r] \qquad (1.7)$$

bu yerda: $\bar{\omega}_e$ - ko‘chirma harakat burchak tezligi. $\bar{a}_k$ vektorning moduli quyidagi formuladan aniqlanadi :

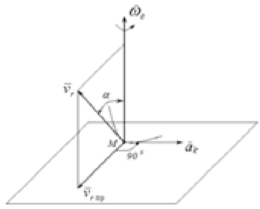
$$a_к = 2\omega_e v_r \sin\alpha \qquad (1.8)$$

bu yerda: α burchak - $\bar{\omega}_e$ va $\bar{v}_r$ vektorlar orasidagi burchak.

$\bar{a}_k$ Koriolis tezlanishining yo‘nalishi vektorlar ko‘paytmasi (1.7) formulasidan aniqlanadi .

$\bar{a}_к$ vektor, $\bar{\omega}_e$ va $\bar{v}_r$ vektorlar joylashgan tekislikka tik holda shunday yo‘naltiriladiki, uning uchidan qaraganimizda $\bar{\omega}_e$ vek- torning α burchakka burilishi soat strelkasining harakati yo‘nali- shiga qarama-qarshi ko‘rinadigan bo‘lsin.

$\bar{a}_к$ vektorining yo‘nalishini Jukovskiy qoidasidan foydala -nib ham aniqlash mumkin. Bu qoida quyidagidan iborat: ko‘chirma harakat burchak tezligi yo‘nalgan o‘qqa perpendikular tekislik o‘tkazilib, nisbiy tezlikni shu tekislikka proyeksiyalaymiz. So‘ngra $\bar{v}_{r\,pr}$ ni ko‘chirma harakat aylanishi bo‘yicha 90^0 ga buramiz. Hosil bo‘lgan vektor Koriolis tezlanish vektoriga teng (5-shakl).



5-shakl

Agar nuqtaning $\bar{v}_r$ nisbiy tezligi ko‘chirma harakat $\bar{\omega}_e$ burchak tezlik vektoriga tik bo‘lsa, $\bar{a}_к$ qo‘shimcha tezlanish vektorining yo‘nalishini aniqlash uchun $\bar{v}_r$ vektorini $\bar{\omega}_e$ vektoriga parallel bo‘lgan o‘q atrofida ko‘chirma harakat tomoniga 90º ga burish kerak. $\bar{a}_e$ va $\bar{a}_r$ tezlanishlarni urinma va normal tuzuvchilarga ajratsak, (1.6) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau} + \bar{a}_к \qquad (1.9)$$

$\bar{a}_a$ mutlaq tezlanishning moduli uning koordinata o‘qlaridagi a_{ax}, a_{ay}, a_{az} proeksiyalari bo‘yicha aniqlanadi. (1.9) tenglikni o‘zaro tik yo‘nalgan uchta koordinata o‘qiga proeksiyalasak, quyidagilar kelib chiqadi:

$$\begin{aligned} a_{ax} &= a_{ex}^{\,n} + a_{ex}^{\,\tau} + a_{rx}^{\,n} + a_{rx}^{\,\tau} + a_{кx} \\ a_{ay} &= a_{ey}^{\,n} + a_{ey}^{\,\tau} + a_{ry}^{\,n} + a_{ry}^{\,\tau} + a_{кy} \\ a_{az} &= a_{ez}^{\,n} + a_{ez}^{\,\tau} + a_{rz}^{\,n} + a_{rz}^{\,\tau} + a_{кz} \end{aligned} \qquad (1.10)$$

Unda $\bar{a}_a$ vektorining moduli

$$a_a = \sqrt{a^2{}_{ax} + a^2{}_{ay} + a^2{}_{az}} \qquad (1.11)$$

formuladan topiladi.

$\bar{a}_a$ vektorning yo‘nalishi yo‘naltiruvchi kosinuslar bilan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \cos(\bar{a}_a \wedge Ox) &= \frac{a_{ax}}{a_a} \\ \cos(\bar{a}_a \wedge Oy) &= \frac{a_{ay}}{a_a} \\ \cos(\bar{a}_a \wedge Oz) &= \frac{a_{az}}{a_a} \end{aligned} \qquad (1.12)$$

1.4. Masalalar yechishga doir uslubiy ko‘rsatmalar

Masala yechishdan avval, qo‘zg‘aluvchi va qo‘zg‘almas koordinata sistemalarini tanlab olib, nisbiy va ko‘chirma harakat turlarini aniqlab olamiz. Masalani yechish quyidagi tartibda bajariladi:

1.Vaqtning berilgan paytida nuqtaning qo‘zg‘aluvchi sistemaga nisbatan holatini aniqlash kerak.

2.Vaqtning istalgan paytida, so‘ngra berilgan paytda nuqtaning nisbiy tezligini aniqlash kerak. Berilgan paytda $\bar{v}_r$ nisbiy tezlik vektorining yo‘nalishini shaklda ko‘rsatish kerak.

3. Vaqtning berilgan paytida ω_e ko‘chirma burchak tezlik va ε_e ko‘chirma burchak tezlanishini aniqlash kerak. Shaklda aylanma strelkalar bilan ularning yo‘nalishini, shuningdek, $\bar{\omega}_e$, $\bar{\varepsilon}_e$ vektorlarni ko‘rsatish kerak.

4. Vaqtning berilgan paytida nuqtaning $\bar{v}_e$ ko‘chirma tezligini aniqlab, $\bar{v}_e$ vektorning yo‘nalishini shaklda ko‘rsatish kerak.

5. Tezliklarni qo‘shish teoremasidan foydalinib, shaklda $\bar{v}_a$ mutlaq tezlik vektorini aniqlash kerak.

6. (1.2) yoki (1.3) formuladan foydalanib $\bar{v}_a$ mutlaq tezlikning moduli aniqlanadi.

7. Ko‘chirma harakatning turiga qarab (ilgarilanma yoki aylanma), mutlaq tezlanishni aniqlash uchun (1.5) yoki (1.9) asosiy vektorial formulani yozish kerak.

8. $\bar{a}_e^{\,n}$, $\bar{a}_e^{\,\tau}$, $\bar{a}_r^{\,\tau}$, $\bar{a}_r^{\,n}$ va $\bar{a}_\kappa$ mutlaq tezlanish vektori son qiymatlarini aniqlab, shaklda ularning yo‘nalishlarini koordinata sistemasi o‘qlariga nisbatan ko‘rsatish kerak; bu vektorlar tekshirilayotgan M nuqtaga qo‘yiladi.

9. Mutlaq tezlanish vektori tuzuvchilarining son qiymatlarini hisobga olib, vaqtning berilgan paytida son qiymatlari nolga teng bo‘lgan tuzuvchilarni chiqarib tashlab, (1.9) formulani qaytadan yozish kerak.

10. (1.10) formulalardan foydalanib $\bar{a}_a$ vektorning qo‘zqaluv- chi koordinata sistemasi o‘qlaridagi proeksiyalarini aniqlash kerak.

11 (1.11) formuladan foydalanib mutlaq tezlanishning modulini aniqlaymiz.

2-§. Nuqtaning murakkab harakatiga doir masalalar

1-masala.

6-shaklda berilgan mexanizmda

$$O_1A = O_2B = 20\ sm;\ R = 16\ sm;$$

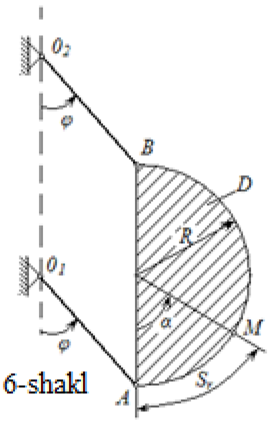
$$\varphi = \frac{5}{48}\pi t^3 rad;\ s_r = AM = \pi t^2\ sm;\ t_1 = 2\ sek.$$

Nuqtaning mutlaq tezligini va mutlaq tezlanishini toping.

Yechish:

D jism va M nuqtaning berilgan vaqtdagi holatini aniqlaymiz. D jismning holati φ burchak bilan aniqlanadi . $t = 2\,sek.$da teng:

$$\varphi = \frac{5}{48}\pi\cdot 2^3 = \frac{5}{6}\pi\ rad.$$



6-shakl

M nuqtaning D jismdagi holatini $\alpha = s_r/R$ burchak bilan aniqla -nadi , $t = 2\,sek.$ da teng:

$$\alpha = \frac{\pi\cdot 2^3}{16} = \frac{\pi}{4} rad.$$

D jism va M nuqtaning holati 7-shaklda keltirilgan.

M nuqtaning mutlaq tezligi , uning nisbiy va ko‘chirma harakat tezliklarining geometrik yig‘indisiga teng:

$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r \qquad (*1.1)$$

M nuqtaning nisbiy tezligi moduli quyidagi formuladan aniqlanadi: $v_r = \dfrac{ds_r}{dt} = 2\pi t$, bo‘lib

$t = 2\,sek.$da $v_r = 2\pi \cdot 2 = 4\pi = 12{,}6\, sm/sek.$

Demak: $$v_r = 12{,}6\; sm/sek.$$

v_r ning musbat ishorali ekanligi, nuqtaning nisbiy harakati s_r o‘qning musbat yo‘nalishi bo‘yicha ekanligini ko‘rsatadi.Nisbiy tezlik vektori
7-shaklda ko‘rsatilgan.
Ko‘chirma tezlikni aniqlaymiz :

$$v_e = v_A,\; v_A = O_1A \cdot \omega$$

ω burchak tezlik O_1A zvenoning burchak tezligi moduli bo‘lib, quyidagicha hisoblanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{5}{16} t^2\; sek^{-1}.$$

$t = 2\,sek.$da $$\omega = \frac{5}{4}\pi\; sek^{-1}.$$

ω ning musbat ishorasi shuni ko‘rsatadiki, O_1A zvenoning aylanishi φ burchakning o‘sishi tomonga bo‘ladi.
Ko‘chirma tezlik moduli

$$v_e = v_A = 20 \cdot \frac{5}{4}\pi = 25\pi = 78{,}5\; sm/sek.$$

$\bar{v}_e$ vektor O_1A zvenoga perpendikular ravishda, uning aylanish tomoniga yo‘naladi. M nuqtaning mutlaq tezligini koordinat o‘qlariga proyeksiyalash orqali aniqlaymiz.
7–shaklga asosan (*1.1) ifodani koordinata o‘qlariga proyeksiyalasak:

$$v_x = v_r \cos 45^0 - v_e \cos 30^0; \qquad (*1.2)$$
$$v_y = v_r \cos 45^0 + v_e \cos 60^0$$

(*1.2) kelib chiqadi.
Natijada : $v_x = -59{,}1\, sm/sek;\; v_y = 48{,}2\; sm/sek;$

(*1.2) ning qiymatlarini formulaga qo‘yib, mutlaq tezlikni aniqlaymiz:

$$v_a = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 76{,}3\; sm/sek. \qquad (*1.3)$$

Ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lgan holda nuqtaning mutlaq tezlanishi uning nisbiy va ko‘chirma tezlanishlarining geometrik yig‘indisidan iborat:

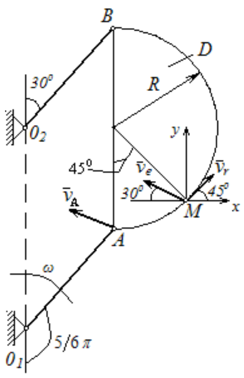
$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r \text{ yoki } \bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau} \qquad (*1.4)$$

Nisbiy tezlanishning urinma tashkil etuvchisining moduli teng:

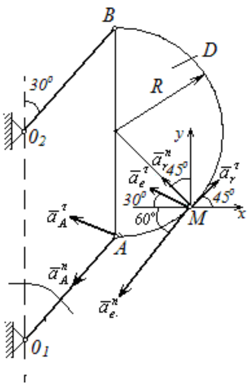
$$a_r^\tau = \frac{dv_r}{dt} = \frac{d^2 s_r}{dt^2}$$

Ko‘rilayotgan holda : $a_r^\tau = 2\pi = 6{,}28\;\; sm/sek^2.$

$$a_r^\tau = 6{,}28\;\; sm/sek^2.$$



7-shakl.



8-shakl.

a_r^τ ning musbat ishorasi $\bar{a}_r^\tau$ vektori $\bar{v}_r$ (nisbiy harakat tezligi) kabi s_r o‘qning musbat tomoniga yo‘nalgan ekanligini ko‘rsatadi
(8-shakl).
Nisbiy tezlanishning normal tashkil etuvchisi teng :

$$a_r^n = \frac{v^2{}_r}{R} = \frac{16\pi^2}{16} = \pi^2 = 9{,}87\ sm/sek^2.$$

$\bar{a}_r^n$ vektori radius bo‘ylab M nuqtaning nisbiy harakat trayekto- riyasining egrilik markazi tomon yo‘naladi.

$$\bar{a}_e^\tau = \bar{a}_A^\tau\ ;\quad a_A^\tau = O_1A\cdot\varepsilon$$

ε - O_1A zvenoning burchak tezlanishi bo‘lib, uning algebraik qiymati teng: $\varepsilon = \dfrac{d^2\varphi}{dt^2}$

Ko‘rilayotgan holda,

$$\varepsilon = \frac{5}{8}\pi t = \frac{5}{4}\pi = 3{,}93\,sek.^{-2}$$

ω va ε kattaliklarning ishoralari bir xil ekanligi D jismning aylanma harakati tezlanuvchan ekanligini ko‘rsatadi.

$$\varepsilon = 3{,}93sek.^{-2}$$

$a_A^\tau = O_1A\cdot\varepsilon$ ifodadan $a_e^\tau = 79\ sm/sek.^{-2}$ ga teng.

$\bar{a}_e^\tau$ ning yo‘nalishi $\bar{a}_A^\tau$ yo‘nalishi bilan mos bo‘ladi (8 -shakl).
Ko‘chirma tezlanishning markazga intilma tashkil etuvchisi

$$a_e^n = a_A^n = O_1A\cdot\omega^2 = 20\cdot\frac{25}{16}\pi^2 = 31{,}25\pi^2 = 308\ sm/sek^2.$$

$\bar{a}_A^n$ vektori A dan O_1 tomon yo‘naladi, $\bar{a}_e^n$ u bilan bir xil yo‘nalishda bo‘ladi.
(*1.5) dan mutlaq tezlanishning moduli proeksiyalash usuli bilan aniqlanadi:

$$a_{ax} = (a_{r\tau} - a_{rn})\cos 45^0 - a_e^\tau\cos 30^0 - a_e^n\cos 60^0;$$

$$a_{ay} = (a_{r\tau} + a_{rn})\cos 45^0 + a_e^\tau\cos 60^0 - a_e^n\cos 30^0$$

Hisoblashlar natijasida

$$a_{ax} = -225\ sm/sek^2;$$

$$a_{ay} = -216\ sm/sek^2;$$

$$a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2} = 312\ sm/sek.^2$$

kelib chiqadi.
2-masala.

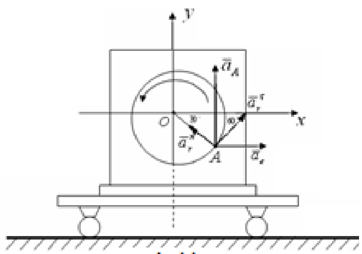
O‘ng tomonga gorizontal bo‘ylab $a_e = 0{,}492\, m/sek.^2$ tezlanish bilan harakat qiluvchi aravachaga elektr motori o‘rnatilgan; uning rotori harakatga keltirish vaqtida $\varphi = t^2$ tenglamaga muvofiq aylanadi, bunda φ burchak radianlar bilan o‘lchanadi. Rotorning radiusi 0,2 m ga teng. Rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning $t = 1 sek.$ bo‘lgandagi mutlaq tezlanishi aniqlansin. Shu paytda A nuqta
9-shaklda ko‘rsatilgan holda turadi.

Yechish:

Aravachaning harakati ko‘chirma harakat bo‘lib,u ilgarilanma harakatdan iboratdir. Rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning mutlaq tezlanishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_r + \bar{a}_e \qquad (*2.1)$$

Bu yerda $\bar{a}_r -$ rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning nisbiy harakat tezlanishi. Rotor harakati aylanma harakatdan iborat bo‘lgani uchun nisbiy harakat tezlanishi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:



9-shakl

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau \qquad (*2.2)$$

(*2.2) tenglamani (*2.1) ga olib borib qo‘ysak, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_e \qquad (*2.3)$$

(*2.3) tenglama rotor to‘g‘inidagi A nuqtaning mutlaq tezlanishining vektor ifodasi.

Tezlanishlarning modulini aniqlaymiz.

Bu yerda: $\bar{a}_r^n -$ nisbiy harakatning normal tezlanishi;

$\bar{a}_r^\tau -$ nisbiy harakatning urinma tezlanishi;

Qiymatlarini aniqlaymiz:

$$a_r^n = \omega^2 \cdot OA = 2^2 \cdot 0{,}2 = 4 \cdot 0{,}2 = 0{,}8\, m/sek.^2$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2t; \quad t = 1 sek. da \quad \omega = 2\, sek.^{-1}$$

$$a_r^\tau = \varepsilon \cdot OA = 2 \cdot 0{,}2 = 0{,}4\, m/sek.^2 \qquad (*2.4)$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2\, sek.^{-2}$$

Tezlanishlarning yo‘nalishi 9-shaklda tasvirlangan.

(*2.3) ifodani koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$a_{ay} = a_r^\tau \cos 30^0 + a_r^n \cos 60^0 = 0{,}4 + 0{,}376 = 0{,}746 \frac{m}{sek.^2}$$

$$a_{ax} = a_r^\tau \cos 60^0 - a_r^n \cos 30^0 + a_e = 0{,}2 - 0{,}692 + 0{,}492 = 0 \qquad (*2.5)$$

(*2.5) tenglama mutlaq tezlanishning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini ifodolaydi.

Ko‘rinib turibdiki, mutlaq tezlanishning Ox o‘qidagi proyeksiyasi nolga teng экan. Demak, u Oy o‘qiga parallel yo‘naladi.

Rotor to‘g‘inidagi A nuqta mutlaq tezlanishining qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2} = \sqrt{0 + (0{,}746)^2} = 0{,}746\, m/sek.^2$$

Javob: $a_a = 0{,}746\, m/sek.^2$

3-masala.

D halqa AB vertikal o‘q atrofida $\varphi_e = 3t^2 - t$ qonuniga muvofiq aylanadi. Halqa ichida $S_r = 20\pi \sin \pi/3t$ sm qonuniga muvofiq M nuqta harakatlanadi (10-shakl); bu yerda $s_r = OM$ Vaqtning $t = 1/2\ sek.$ paytida M nuqtaning mutlaq tezlik va mutlaq tezlanishi topilsin. $R = 30\ sm,\ a = 20\ sm.$

Yechish.

$Oxyz$ qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasini halqa bilan bog‘laymiz, shu bilan birga Oy va Oz o‘qlarini halqa tekisligida olamiz , Ox o‘qini esa tik yo‘naltiramiz.

$Ax_1y_1z_1$ qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasi. Vaqtning $t = 1/2\ sek.$ berilgan paytida halqa tekisligi koordinata tekisligiga to‘g‘ri keladi deb faraz qilamiz. Masalaning shartidan ko‘ramizki, qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasi qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasiga nisbatan Az_1 o‘q atrofida aylanadi. Demak, ko‘chirma harakat $\varphi_e = 3t^2 - t$ qonuniga muvofiq, aylanma harakatdir. M nuqtaning nisbiy harakati aylana yoyi bo‘ylab $S_r = 20\pi \sin \frac{\pi}{3}t$ qonuniga muvofiq egri chiziqli harakatdir.

Nuqtaning mutlaq tezligini aniqlash

(1.1) formuladan ma’lumki, nuqtaning $\bar{v}_a$ mutlaq tezligi $\bar{v}_e$ ko‘chirma va $\bar{v}_r$ nisbiy tezliklarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r$$

1. $t = 1/2\ sek.$ paytida M nuqtaning holatini aniqlash.

$t = 1/2\ sek.$bo‘lganda $S_r = 20\pi \cdot \sin\frac{\pi}{6} = 20\pi \cdot 0{,}5 = 10\pi\ sm$.

$\angle O_1OM = \frac{S}{R} = \frac{10\pi}{30} = \frac{\pi}{3}$ rad ; $\angle O_1OM = 60^0$.

2. M nuqtaning nisbiy tezligini aniqlash.

$v_r = \frac{dS_r}{dt} = \frac{20\pi^2}{3} \cdot \cos\frac{\pi}{3}t$; $t = 1/2\ sek.$bo‘lganda

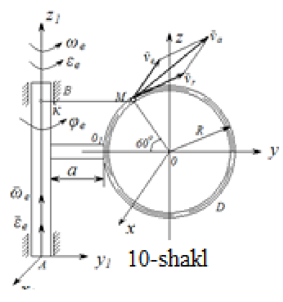
$$v_r = \frac{20\pi^2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{10\pi^2\sqrt{3}}{3}\ sm/sek.$$

v_r kattalikning ishorasi musbat, demak $\bar{v}_r$ vektor S_r ning oshish tomoniga qarab yo‘nalgandir. Vektor $\bar{v}_r \perp OM$ ga.

3. ω_e ko‘chirma burchak tezligi va ε_e ko‘chirma burchak tezlanishini aniqlash

$\omega_e = \frac{d\varphi_e}{dt} = 6t - 1$; vaqt $t = 1/2\ sek.$ bo‘lganda $\omega_e = 2\,sek.^{-1}$

$\varepsilon_e = \frac{d\omega_e}{dt} = 6\,sek.^{-2}$



10-shakl

ω_e va ε_e larning ishoralari bir xil bo‘lgani uchun, berilgan paytda halqaning aylanishi tezlanuvchan va $\bar{\omega}_e$, $\bar{\varepsilon}_e$ vektorlari bir tomonga yo‘nalgan, shu bilan birga aylanma harakat Az_1, o‘q atrofida soat strelkasi harakat yo‘nalishiga qarama-qarshidir.

***M* nuqtaning ko‘chirma tezligini aniqlash**

M nuqtaning $\bar{v}_e$ ko‘chirma tezligi, shu paytda M nuqtaga to‘g‘ri keladigan, Az_1 o‘q atrofida aylanadigan halqa nuqtasining tezligiga teng bo‘ladi.

$$v_e = \omega_e \cdot MK, \quad MK = (a+R) - R\cos 60^0 = a + \frac{R}{2}; \quad MK = 35\,sm$$

$$v_e = 2 \cdot 35 = 70\,sm/sek.$$

$\bar{v}_e$ vektor Ax_1 o‘qining yo‘nalishiga qarama-qarshi bo‘lib, shakl tekisligiga tik yo‘nalgan.

$\bar{v}_r$ va $\bar{v}_e$ vektorlar o‘zaro tik bo‘lgani uchun, mutlaq tezlikning modulini $v_a = \sqrt{v_r^{\,2} + v_e^{\,2}}$ formuladan topamiz:

$$v_a = \sqrt{\frac{100\pi^4}{3} + 4900} = \sqrt{8140} \approx 90\ sm/sek.$$

$$v_a \approx 90\ sm/sek.$$

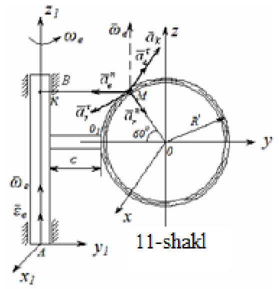
M nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash

Ko‘chirma harakat (halqa bilan birgalikdagi harakat) aylanma bo‘lgani uchun, M nuqtaning $\bar{a}_a$ mutlaq tezlanishi $\bar{a}_e$ ko‘chirma, $\bar{a}_r$ nisbiy va $\bar{a}_к$ Koriolis tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к$$

Tezlanishlarni tashkil etuvchlari orqali ifodalasak:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r^{\,n} + \bar{a}_r^{\,\tau} + \bar{a}_к \qquad (*3.1)$$



11-shakl

M nuqtaning ko‘chirma tezlanishi, shu paytda M nuqtaga to‘qri keladigan, Az_1 o‘q atrofida aylanadigan halqa nuqtasining tezlanishiga teng bo‘ladi. Ko‘chirma normal tezlanishning moduli quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$a_e^n = \omega_e^2 \cdot MK = 4 \cdot 35 = 140\,sm/sek.^2$$

$\bar{a}_e^{\,n}$ vektor MK aylanish radiusi bo‘ylab yo‘nalgan (11-shakl).

Ko‘chirma urinma tezlanishning moduli quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$a_e^\tau = \varepsilon_e \cdot MK = 6 \cdot 35 = 210\,sm/sek.^2 \quad \text{bo‘ladi.}$$

Vektor Ax_1 o‘qi yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan.Nisbiy normal tezlanishning moduli teng:

$$a_r^n = \frac{v_r^2}{R} = \frac{100\pi^4}{3 \cdot 30} = 108\,sm/sek.^2$$

a_r^n vektor halqa radiusi MO bo‘ylab yo‘nalgan. Nisbiy urinma tezlanishning moduli teng.

$$a_r^\tau = \frac{dv_r}{dt} = -\frac{20\pi^3}{9}\sin\frac{\pi}{3}t \ ; \qquad \text{Vaqt} \qquad t = 1/2\,sek. \ \text{bo‘lganda}$$

a_r^τ ning manfiy ishorasi shuni ko‘rsatadiki, a_r^τ vektor S_r ning kamayish tomonga halqaning MO radiusiga tik, ya’ni $\bar{v}_r$ vektor -ning yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgandir.

Koriolis tezlanishini aniqlaymiz.

Vektor ifodasi: $\bar{a}_к = 2(\bar{\omega}_e \times \bar{v}_r)$

Moduli teng: $a_к = 2\omega_e v_r \sin(\bar{\omega}_e \wedge \bar{v}_r)$

$\bar{\omega}_e$ va $\bar{v}_r$ vektorlar orasidagi burchak 60º ga teng, shuning uchun:

$$a_k = 2\omega_e v_r \sin 60^0 = 2\cdot 2\cdot \frac{10\pi^2\sqrt{3}}{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = 20\pi^2\ sm/sek.^2$$

$$a_k = 197\ sm/sek.^2$$

$\overline{a}_к$ vektorning yo‘nalishini aniqlash uchun, $\overline{v}_r$ vektorni $\overline{\omega}_e$ ga tik bo‘lgan tekislikka proyeksiyalab, shu proyeksiyani ko‘chirma aylanma harakat yo‘nalishida 90º ga burish kerak. $\overline{a}_к$ vektor Ax_1 o‘qiga qarama-qarshi yo‘nalgandir.

Mutlaq tezlanishning modulini aniqlash uchun (*3.1) tenglikni Ax_1, Ay_1, Az_1 o‘qlariga proyeksiyalab, quyidagilarni hosil qilamiz.

$a_{ax} = -a_e^\tau - a_k = -(210+197) = -407\ sm/sek.^2$;

$a_{ay} = a_k + a_r^n\cos 60^0 - a_r^\tau \cos 30^0 = -116\ sm/sek.^2$;

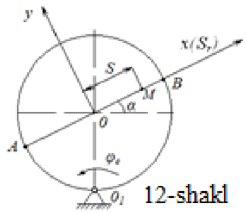
$a_{az} = -a_r^n\cos 30^0 - a_r^\tau\cos 60^0 = -110\ sm/sek.^2$

M nuqtaning mutlaq tezlanish moduli teng:

$$a_a = \sqrt{a_{ax} + a_{ay} + a_{az}} = 437\ sm/sek.^2$$

$$a_a = 437\ sm/sek.^2$$

4-masala.



12-shakl

Radiusi R ga teng bo‘lgan disk 0_1 nuqtadan o‘tuvchi va o‘zi- ning tekisligiga tik bo‘lgan o‘q atrofida $\varphi_e = \frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi}{3}t$ qonuniga muvofiq aylanadi. Diskning AB diametri bo‘ylab $s_r = \left(3t^2 + 4t\right)$ sm qonuniga muvofiq M nuqta harakatlanadi (12-shakl).
Vaqtning $t = 2\ sek$ paytida M nuqtaning mutlaq tezligi va mutlaq tezlanishi aniqlansin, $R = 20\,sm,\quad \alpha = 30^0$

Yechish.

Qo‘zgalmas Oxy koordinatalar sistemasini disk bilan bog‘laymiz, u holda nuqtaning ko‘chirma harakati diskning O_1 nuqtadan o‘tuvchi o‘q atrofida $\varphi_e = \frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi}{3}$ qonuniga muvofiq aylanma harakat bo‘ladi. M nuqtaning nisbiy harakati
$s_r = 3t^2 + 4t$ qonuniga muvofiq to‘g‘ri chiziqli harakatdir.

Nuqtaning mutlaq tezligini aniqlash

(1.1) formulaga asosan nuqtaning mutlaq tezligi ko‘chirma va nisbiy harakat tezliklarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni : $\overline{v}_a = \overline{v}_e + \overline{v}_r$

1. Vaqtning $t = 2\,sek.$ paytida M nuqtaning holatini aniqlaymiz:
$t = 2\,sek.$ bo‘lganda, $s_r = 3\cdot 4 + 4\cdot 2 = 20\ sm$.
Vaqtning berilgan paytida M nuqta AB diametrining B uchidir.
2. $\overline{v}_r$ nisbiy tezlikni aniqlaymiz:

$$v_r = \frac{ds_r}{dt} = \frac{d}{dt}\left(3t^2 + 4t\right) = (6t+4)\ sm/sek.$$

$t = 2\,sek.$ bo‘lganda $v_r = 16\,sm/sek.$ v_r ning ishorasi musbat bo‘lgani uchun, $\overline{v}_r$ vektor S_r ning o‘sish tomoniga qarab yo‘naladi.
3. ω_e ko‘chirma burchak tezlik ε_e ko‘chirma burchak tezlanishini aniqlash.

$$\omega_e = \frac{d\varphi_e}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{\pi}{2}\sin\frac{\pi}{3}t\right) = \frac{\pi^2}{6}\cos\frac{\pi}{3}t$$

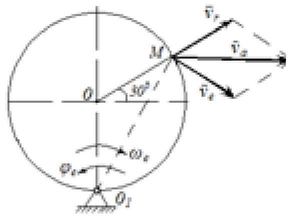
$t = 2\,sek.$ bo‘lganda $\omega_e = -\dfrac{\pi^2}{12} \approx -0{,}8\,sek.^{-1}$

ω_e ning ishorasi manfiy bo‘lgani uchun, shu paytda disk burchagining musbat hisob yo‘nalishiga qarama-qarshi, ya’ni soat strelkasi harakat yo‘nalishida aylanadi.

Ko‘chirma harakat burchak tezlanishi teng:

$$\varepsilon_e = \frac{d\omega_e}{dt} = -\frac{\pi^3}{18}\sin\frac{\pi}{3}t$$

$t = 2\,sek.$ bo‘lganda $\varepsilon_e = \dfrac{\pi^3\sqrt{3}}{36} = 1{,}5\,sek.^{-2}$



13-shakl

ω_e va ε_e larning ishoralari bir xil bo‘lgani uchun, shu paytda diskning harakati tezlanuvchandir.

4. $\bar{v}_e$ ko‘chirma tezlikni aniqlaymiz.

Ko‘chirma tezlikning qiymati teng:

$$v_e = \omega_e \cdot O_1M$$

$$O_1M = 2R\cdot\cos 30^0 = 20\cdot\sqrt{3} \cong 34{,}6\ sm$$

$$v_e = 0{,}8\cdot 34{,}6 = 27{,}7\ sm/sek.$$

$\bar{v}_e$ vektor O_1M tik yo‘nalgan (13-shakl)

5. $\bar{v}_a$ mutlaq tezlikning modulini aniqlaymiz:.

$(\bar{v}_e \wedge \bar{v}_r) = 60^0$ bo‘lgani uchun, absolyut tezlikning moduli teng:

$$v_a = \sqrt{v_e^2 + v_r^2 + 2v_ev_r\cdot\cos 60^0} = \sqrt{v_e^2 + v_r^2 + v_ev_r} = \sqrt{1446} = 38{,}3$$

$$v_a = \sqrt{1466} = 38{,}3\ sm/sek.$$

M nuqtaning mutlaq tezlanishini aniqlash

Ko‘chirma harakat aylanma harakatdir, shuning uchun M nuqtaning mutlaq tezlanishi ko‘chirma, nisbiy va Koriolis tezlanishlarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘ladi (14-shakl), ya’ni:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к \quad ёки \quad \bar{a}_a = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_к$$

1. Ko‘chirma normal tezlanishni aniqlaymiz.

Moduli teng: $a_e^n = \omega^2\cdot O_1M = 0{,}64\cdot 34{,}6 = 22{,}1\,sm/sek.^2$

Yo‘nalishi O_1M bo‘ylab yo‘nalgan.

2. Ko‘chirma urinma tezlanishini aniqlaymiz.

$a_e^\tau = \varepsilon_e\cdot O_1M = 1{,}5\cdot 34{,}6 = 52\,sm/sek.^2$

$$a_e^\tau = \varepsilon_e\cdot O_1M = 1{,}5\cdot 34{,}6 = 52\,sm/sek^2.$$

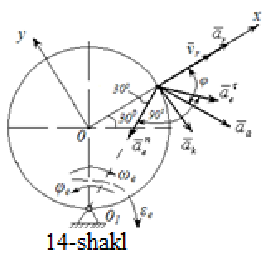
Urinma tezlanish vektori diskning aylanish tomoniga O_1M ga tik yo‘nalgan.

3. $\bar{a}_r$ nisbiy tezlanishini aniqlash.

Nisbiy harakat to‘g‘ri chiziqli bo‘lgani uchun:

$$a_r = \frac{d^2S_r}{dt^2} = \frac{dv_r}{dt} = 6\,sm/sek.^2$$

Ishorasi musbat, demak $\bar{v}_r$ vektor yo‘nalishida bo‘ladi.



14-shakl

4. $\bar{a}_к$ Koriolis tezlanishini aniqlaymiz.

$\bar{a}_к$ Koriolis tezlanish vektorining moduli teng:

$$a_к = 2\omega_e \cdot v_r \sin(\bar{\omega}_e \wedge \bar{v}_r)$$

$\bar{v}_r$ vektor ko‘chirma aylanish o‘qiga tik bo‘lgani uchun teng:

$$a_k = 2\omega_e v_r = 25{,}6\, sm/sek.^2$$

$\bar{a}_к$ vektorning yo‘nalishini aniqlash uchun $\bar{v}_r$ vektorni ko‘chirma aylanma harakat yo‘nalishida 90^0 ga burish kerak. Demak $\bar{a}_к$ vektor Ox o‘qiga tik yo‘naladi.

5. Mutlaq tezlanishning modulini aniqlaymiz:

(1.9) ifodani qo‘zg‘aluvchi koordinata o‘qlariga proyeksiyalay- miz:

$$a_{ax} = -a_e^n \cos 30^0 + a_e^\tau \cos 60^0 + a_r;$$

$$a_{ax} = -22{,}1 \cdot 0{,}86 + 52 \cdot 0{,}5 + 6 = 13\, sm/sek.^2;$$

$$a_{ay} = -a_e^n \cos 60^0 - a_e^\tau \cos 30^0 - a_к;$$

$$a_{ay} = -22{,}1 \cdot 0{,}5 - 52 \cdot 0{,}86 - 25{,}6 \approx -81{,}3\ sm/sek^2.$$

Mutlaq tezlanishning moduli

$a_a = \sqrt{a_{ax}^2 + a_{ay}^2} = \sqrt{(13)^2 + (-81{,}3)^2} = 82{,}3\ sm/sek.^2$ ga teng bo‘ladi.

$\bar{a}_a$ vektorning yo‘nalishini, $\bar{a}_a$ bilan Ox o‘qi orasidagi φ burchak bilan aniqlaymiz:

$$tg_\varphi = \frac{a_{ay}}{a_{ax}} = 6{,}23 \qquad \varphi \cong 81^0$$

5-masala.

Separatorning gorizontal diski $n = 300\, 1/\min$. takrorlik bilan aylanadi. M zarrachaning Q diskning gadir-budur sirti bo‘ylab harakatidagi mutlaq tezlanishi $\bar{a}_a$, uning diskka nisbatan tezligi

$\bar{v}_r$ ga teskari yo‘nalgan bo‘lib, mutlaq tezlanishning moduli $a_a = 2\, m/sek.^2$ Shu vaqtda zarrachaning $\bar{v}_a$ mutlaq tezligi mutlaq tezlanishiga perpendikular yo‘naladi va diskning OM radiusi bilan $\alpha = 45^0$ burchak hosil qiladi $(15, a$ -shakl) $. OM = \ell_{OM} = 0{,}2\, m$. M nuqtaning Q diskka nisbatan tezligi $\bar{v}_r$ va tezlanishi $\bar{a}_r$ ning $M\xi\eta$ sanoq sistemasi o‘qlariga proyeksiyasini aniqlang.

Yechish:

M nuqta deb hisoblanadigan zarrachaning harakati murakkab harakatdan iborat bo‘lib, uning ko‘chirma harakati O nuqtadan o‘tuvchi o‘q atrofida $\omega_e = \pi n/30 = \pi \cdot 300/30 = 10\pi\ \ 1/sek$. burchak tezligi bilan aylanma harakatdan va nisbiy harakati Q disk bo‘yicha sirpanuvchi harakatdan iborat (15-shakl).

M nuqtaning mutlaq tezligi (1.1) tenglamaga asosan

$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r$$

(*5.1)

M nuqtaning mutlaq tezligi $\bar{v}_a$ va nisbiy tezligi $\bar{v}_r$ larning yo‘nalishlari masala shartida berilgan bo‘lib, ko‘chirma tezligi $\bar{v}_e$ ning moduli va yo‘nalishi quyidagicha bo‘ladi:

$$v_e = \omega_e l_{OM} = 10\pi \cdot 0{,}2 = 2\pi\, m/sek.$$

$\bar{v}_e$ vektori OM radiusga perpendikular bo‘lib, Q disk tekis- ligida ko‘chirma harakat aylanish tomoniga qarab $M\xi$ o‘qning musbat yo‘nalishi bo‘yicha yo‘naladi.

$\bar{v}_r$ nisbiy tezlik modulini aniqlash uchun (*5.1) tenglamani $M\xi$ *ва* $M\eta$ o‘qlariga proyeksiyalyaymiz:

$$v_a \cos\left(90^0 - \alpha\right) = v_e - v_r \cos\alpha \,;$$
$$-v_a \cos\alpha = -v_r \cos\left(90^0 - \alpha\right)$$

Bu tenglamani o‘ng va chap tomonlarini hadlab qo‘shish natijasida, $\alpha = 45^0$ da $0 = v_e - 2v_r \cos 45^0$ bo‘lib,

$$v_r = \frac{v_e}{2\cos 45^0} = \frac{2\pi}{2\cos 45^0} = \pi\sqrt{2} \quad m/sek$$

M nuqtaning nisbiy tezlgining $M\xi$ *ва* $M\eta$ o‘qlardagi proyeksiyalarini aniqlaymiz:

$$v_{r\xi} = v_{r\eta} = -v_r \cos 45^0 = -\pi\sqrt{2}\cos 45^0 = -\pi \ m/sek.$$

M nuqtaning mutlaq tezlanishi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r + +\bar{a}_\kappa \qquad (*5.2)$$

Quyidagilarni hisobga olamiz:

Nuqtaning mutlaq tezlanishi $\bar{a}_a$ ning qiymati va yo‘nalishi ma’lum disk bir tekis aylangani uchun uning burchak tezlanishi $\varepsilon_e = 0$ bo‘lib, nuqtaning ko‘chirma tezlanishining urinma tashkil etuvchisi $a_e^{\,\tau} = 0$, ko‘chirma tezlanishi moduli uning normal tashkil etuvchisiga teng:

$$a_e = a_e^n = \omega_e^2 \cdot l_{OM} = (10\pi)^2 \cdot 0{,}2 = 20\pi^2 \ m/sek.$$

$\bar{a}_e^n$ vektori M nuqtadan markazga tomon , ya’ni $M\eta$ o‘qning musbat yo‘nalishi bo‘yicha yo‘naladi;

$\bar{a}_r$ nisbiy tezlanishning yo‘nalishi va qiymati noma’lumdir;

Koriolis tezlanishi

$$a_k = 2\omega_e v_r \sin\beta = 2 \cdot 10\pi \cdot \pi\sqrt{2}\sin 90^0 = 20\sqrt{2}\pi^2 \ m/sek.$$

Bu yerda : $\beta = \bar{a}_e^n \wedge \bar{v}_r$ vektorlar orasidagi burchak; $\beta = 90^0$, chunki ko‘chirma va nisbiy harakatlar bir tekislikda ro‘y beradi. $\bar{a}_\kappa$ vektorining yo‘nalishi Jukovskiy qoidasi bo‘yicha, $\bar{v}_r$ ni M nuqta atrofida ko‘chirma harakat aylanish tomoniga, ya’ni soat mili yo‘nalishiga teskari tomonga 90^0 ga burish bilan aniqlanadi (15,b-shakl). (*5.2) tenglamani $M\xi$ *ва* $M\eta$ o‘qlariga proyeksiya- lab, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$a_a \cos\alpha = a_{r\xi} + a_k \cos\left(90^0 - \alpha\right);$$
$$a_a \cos\left(90^0 - \alpha\right) = a_e^n + a_{r\eta} - a_k \cos\alpha\,,$$

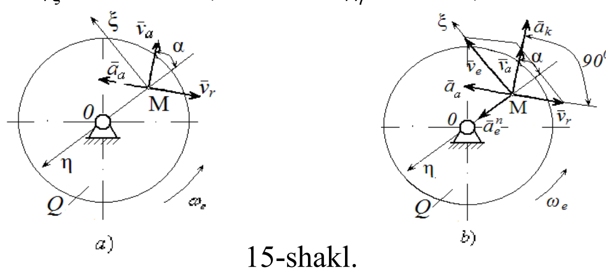
$\alpha = 45^0$ bo‘lganda

$$a_{r\xi} = a_a \cos 45^0 - a_k \cos 45^0 = -\left(20\pi^2 - \sqrt{2}\right) m/sek.^2$$

$$a_{r\eta} = a_a \cos 45^0 - a_e^n + a_k \cos 45^0 = \sqrt{2} \ m/sek.^2$$

Javob: $v_{r\xi} = v_{r\eta} = -3{,}14 \ m/sek.$

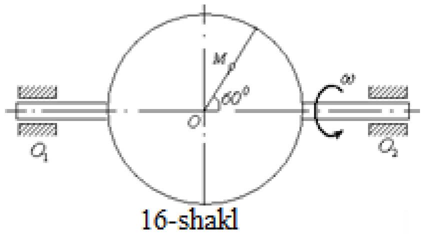
$a_{r\xi} = -195{,}5 \ m/sek.^2; \quad a_{r\eta} = 1{,}41 \ m/sek.$



15-shakl.

6-masala.

O_1O_2 o‘q atrofida $\omega_e = 2t \ rad/sek.$ burchak tezlik bilan aylanuvchi disk radiusi bo‘ylab M nuqta disk markazidan uning gardishiga tomon $OM = 4t^2 sm$ qonunga muvofiq harakatlanadi. OM radius O_1O_2 o‘q bilan 60^0 burchak hosil qiladi. $t = 1 \ sek.$ bo‘l- gan paytda M nuqtaning mutlaq tezligi va mutlaq tezlanishining miqdori aniqlansin (16-shakl).



16-shakl

Yechish:

M nuqtaning berilgan vaqtdagi holatini aniqlaymiz

$t = 1 sek.$ da $OM = 4 \cdot 1 = 4 \ sm$

M nuqtaning mutlaq tezligi uning nisbiy va ko‘chirma tezliklarining geometrik yigindisiga teng:

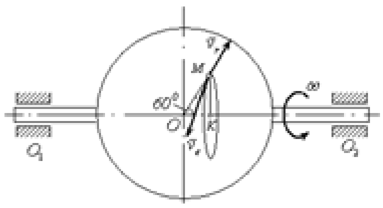
$$\bar{v}_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r$$

M nuqtaning nisbiy tezligi moduli $v_r = ds_r/dt = 8t$ bo‘lib, $t = 1 sek$ da $v_r = 8 \ sm/sek.$ ga teng.

v_r ning musbat ishorali ekanligi, nuqtaning nisbiy harakati s_r o‘qning musbat yo‘nalishi bo‘yicha ekanligini ko‘rsatadi. Nisbiy tezlik vektori 17-shaklda ko‘rsatilgan. Ko‘chirma tezlikni aniqlaymiz. Diskning burchak tezligi teng:

$$t = 1 sek \quad \text{da} \quad \omega_e = 2 \ sek^{-1}.$$

M nuqtadan ko‘chirma harakat aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofa MK teng:



17-shakl.

$$MK = OM \sin 60^0 = 4 \cdot 0{,}866 = 3{,}464 \ sm$$

$$MK = OM \sin 60^0 = 4 \cdot 0{,}866 = 3{,}464 \ sm$$

Ko‘chirma tezlik moduli

$$v_e = \omega_e \cdot MK = 2 \cdot 3{,}464 = 6{,}928 \ sm/sek.$$

$\bar{v}_e$ vektor M nuqtadan disk tekisligiga perpendikular ravishda, ko‘chirma harakat aylanish tomoniga yo‘naladi. Ko‘chirma va nisbiy tezliklar orasidagi burchak 90^0 dan iborat bo‘lgani uchun M nuqtaning mutlaq tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v_a = \sqrt{v_e^2 + v_r^2} = \sqrt{8^2 + 6{,}928^2} = 10{,}58 \ sm/sek.$$

Natijada : $v_a = 10{,}58 \ sm/sek.$

Nuqtaning mutlaq tezlanishi uning nisbiy , ko‘chirma va Koriolis tezlanishlarining geometrik yig‘indisidan iborat (18-shakl):

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_k \quad \text{yoki}$$

$$\bar{a}_a = \bar{a}_e^{\,n} + \bar{a}_e^{\,\tau} + \bar{a}_r + \bar{a}_k \qquad (*6.1)$$

Nisbiy harakat to‘g‘ri chiziqli bo‘lgani uchun nisbiy tezlanish- ning moduli teng:

$$a_r = \frac{dv_r}{dt} = \frac{d^2 s_r}{dt^2}.$$

$$a_r = 8 \ sm/sek^2.$$

Ko‘rilayotgan holda a_r ning musbat ishorasi, $\bar{a}_r$ vektori $\bar{v}_r$ (nisbiy harakat tezligi) kabi s_r o‘qning musbat tomoniga yo‘nalgan ekan- ligini ko‘rsatadi.

Ko‘chirma tezlanishni aniqlashga o‘tamiz. Ya’ni ε_e diskning burchak tezlanishi bo‘lib, uning algebraik qiymati teng:

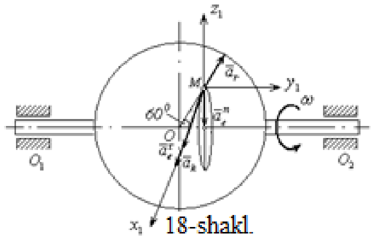
$$\varepsilon_e = \frac{d\omega_e}{dt} = 2 \ rad/sek^2 .$$

$$\varepsilon_e = 2 \ sek^{-2}.$$

ω_e va ε_e kattaliklarning ishoralari bir xil ekanligi diskning aylanma harakati tezlanuvchan ekanligini ko‘rsatadi. Ko‘chirma tezlanishning urinma tashkil etuvchisi moduli

$$a_e^{\tau} = \varepsilon_e \cdot MK = 2 \cdot 3{,}464 = 6{,}928\, sm/sek.^2$$

bo‘lib, yo‘nalishi $\bar{v}_e$ ko‘chirma tezlik bilan bir xildir.



18-shakl.

Ko‘chirma tezlanishning markazga intilma tashkil etuvchisi

$$a_e^n = \omega^2 \cdot MK = 2^2 \cdot 3{,}464 = 13{,}856\ sm/sek^2.$$

$\bar{a}_e^n$ vektori M dan K nuqtaga tomon yo‘naladi.

Koriolis tezlanishini aniqlaymiz.

Moduli teng:

$$a_{\kappa} = 2\omega_e v_r \sin\left(\bar{\omega}_e \wedge \bar{v}_r\right)$$

$\bar{\omega}_e$ va $\bar{v}_r$ vektorlar orasidagi burchak 60º ga teng, shuning uchun

$$a_k = 2\omega_e v_r \sin 60^0 = 2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 27{,}7\, sm/sek.^2$$

$$a_k = 27{,}7\, sm/sek.^2$$

$\bar{a}_{\kappa}$ vektorning yo‘nalishini aniqlash uchun, $\bar{v}_r$ vektorni $\bar{\omega}_e$ ga tik bo‘lgan tekislikka proyeksiyalab, shu proyeksiyani ko‘chirma aylanma harakat yo‘nalishida 90º ga burisфh kerak. $\bar{a}_{\kappa}$ vektor Mx_1 o‘qi bo‘yicha yo‘nalgandir.

Mutlaq tezlanishning modulini aniqlash uchun (*6.1) tenglikni Mx_1, My_1, Mz_1 o‘qlariga proyeksiyalab, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$a_{ax} = a_e^{\tau} + a_k = 6{,}928 + 27{,}712 = 34{,}64\, sm/sek.^2$$

$$a_{ay} = a_r \cos 60^0 = 4\, sm/sek.^2$$

$$a_{az} = -a_e^n + a_r \sin 60^0 = 6{,}928 - 13{,}856 = 6{,}928\ sm/sek.^2$$

natijasida $\quad a_a = \sqrt{a_{ax} + a_{ay} + a_{az}} = 35{,}56\, sm/sek.^2$

kelib chiqadi.

Demak, nuqtaning mutlaq tezligi va mutlaq tezlanishi quyidagiga teng: $\quad v_a = 10{,}58\ sm/sek.$

$$a_a = 35{,}56\, sm/sek.^2$$

Takrorlash uchun savollar

1.Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma, mutlaq harakatlari deb qanday harakatlarga aytiladi?

2.Nisbiy, ko‘chirma, mutlaq tezliklar orasida qanday bog‘lanish mavjud?

3.Qo‘zg‘almas sanoq sistemasiga nisbatan tinch turgan nuqtaning nisbiy va ko‘chirma tezliklari orasida qanday bog‘lanish mavjud?

4.Nuqtaning mutlaq tezlanishi qanday aniqlanadi?

5.Koriolis tezlanishi qanday aniqlanadi? Koriolis tezlanishi qanday hollarda nolga teng bo‘ladi?

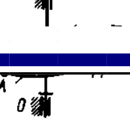
6.Ko‘chirma harakat ilgarilanma bo‘lgan holda nuqtaning mutlaq tezlanishi qanday aniqlanadi?

7.Nuqtaning mutlaq tezligi moduli qanday aniqlanadi?

8.Nuqta doira gardishi bo‘ylab, doiraga nisbatan, doira aylanishiga teskari tomonga harakatlanadi. Bu nuqtaning mutlaq tezligi qanday yo‘naladi?

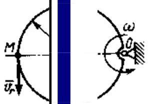
9.Harakatdagi doira gardishi bo‘ylab, doira harakati yo‘nalishi bo‘yicha harakatlanuvchi nuqtaning Koriolis tezlanishi qanday yo‘naladi?

10.O‘z o‘qi atrofida tekis aylanuvchi silindrning yo‘naltiruvchisi bo‘ylab nuqta tekis harakat qiladi. Nuqtaning Koriolis tezlanishi nimaga teng?

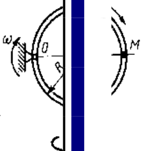


Mustaqil ta'lim bo'yicha bilimlarni mustahkamlash uchun yechiladigan masalalar

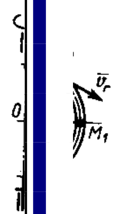
1.Radiusi $R = 0{,}06\,m$ bo'lgan disk O nuqta atrofida $\varphi = t$ qonun asosida aylanadi. Disk- ning gardishi bo'ylab M nuqta $v_r = 0{,}04 m/s$ tezlik bilan harakatlansa, uning mutlaq tezli-gini hisoblang. (0,16)



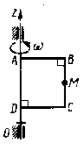
2.Radiusi $R = 0{,}1m$ bo'lgan disk O nuqta atrofida $\varphi = 0{,}4t$ qonun asosida aylanadi. Diskning gardishi bo'ylab M nuqta $OM = 0{,}3t$ tenglama bilan harakatlansa, uning mutlaq tezligini aniqlang. (0,342)



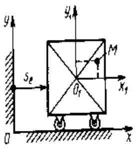
3.Radiusi $R = 0{,}1m$ bo'lgan halqa shakl tekis- ligida O nuqta atrofida o'zgarmas $\omega = 4\,rad/s$ burchak tezlik bilan aylanadi. Halqadagi M shar esa $M_0M = 0{,}1t$ qonun bo'yicha nisbiy harakat qilsa, ko'rsatilgan holat uchun M sharning mutlaq tezligini toping. (0,5)

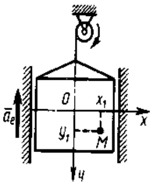


4. Radiusi $R = 1m$ bo'lgan yarim doira shak- lidagi naycha $\omega = 3\,rad/sek.$ burchak tezlik bi-lan aylanadi. Naycha ichidagi M sharcha o'z -garmas nisbiy tezlik $v_r = 3m/s$ bilan harakatlansa, *M* sharchaning M_1 holatga kelgan paytdagi mutlaq tezligini aniqlang. (4,24)

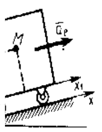


5.To'g'ri to'rtburchak shaklidagi $ABCD$ plastina Oz o'qi atrofida $\omega = 4t\,rad/sek.$ bur- chak tezlik bilan aylanadi.Uning BC tomoni bo'ylab M nuqta o'zgarmas $9m/s$ tezlik bilan B dan C ga tomon harakatlandi $t = 3$sek. da nuqtaning mutlaq tezlik miqdo- rini toping. Bunda $AB = 1m.$ deb olinsin.(15)

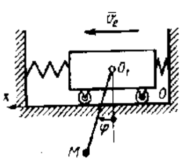




6.Arava gorizontal yo'lda $s_e = 0{,}5\,t^3$ qonun bilan harakatlanadi. Aravadagi M nuqta esa vertikal shakl tekisligida $x_1 = 0{,}3\,t$ va $y_1 = 0{,}1t^2$ tenglamalar asosida harakat qiladi. $t = 1sek.$ paytdagi nuqtaning mutlaq tezlani- shini toping.(3,01)

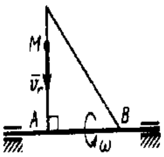


7.Lift kabinasi $a_e = 5\,m/s^2$ o'zgarmas tezla -nish bilan yuqoriga ko'tariladi.Uning ichida shakl tekisligi bo'ylab M nuqta $x_1 = 0{,}5\,t^2$ va $y_1 = 0{,}3\,t^2$ qonun bo'yicha harakat qiladi. Nuqtaning mutlaq tezlanishini toping.(4,51)



8.Arava qiya tekislikda $a_e = 2m/sek.^2$ tezla- nish bilan harakat qiladi. Aravadagi M nuqta esa shakl tekisligida $x_1 = 3t^2$ va $y_1 = 4t^2$ tengla- malar bo'yicha harakatlanadi. Nuqtaning mut- laq tezlanishini toping.(11,3)

9.Arava gorizontal yo'lda $v_e = \sin(\pi/3)t$ tezlik bilan harakatlanadi.Uning markaziga mahkamlangan uzunligi $O_1M = 1m$ li mayatnik $\varphi = 0{,}5\pi t$ qonun bo'yicha tebranadi. Vaqtning $t = 0{,}5\,sek.$ da M nuqtaning mutlaq tezlanishini toping.(1,93)



10.Uchburchak shaklidagi jism AB tomo- ni atrofida $\omega = 8\,rad/sek.$ burchak tezlik bilan aylanadi. M nuqta esa uchburchak ning AB ga perpendikular tomoni bo'ylab $v_r = 4m/sek.$ nisbiy tezlik bilan harakat qiladi. M nuqtaning Koriolis tezlanishini toping. (64)

Hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun topshiriqlar

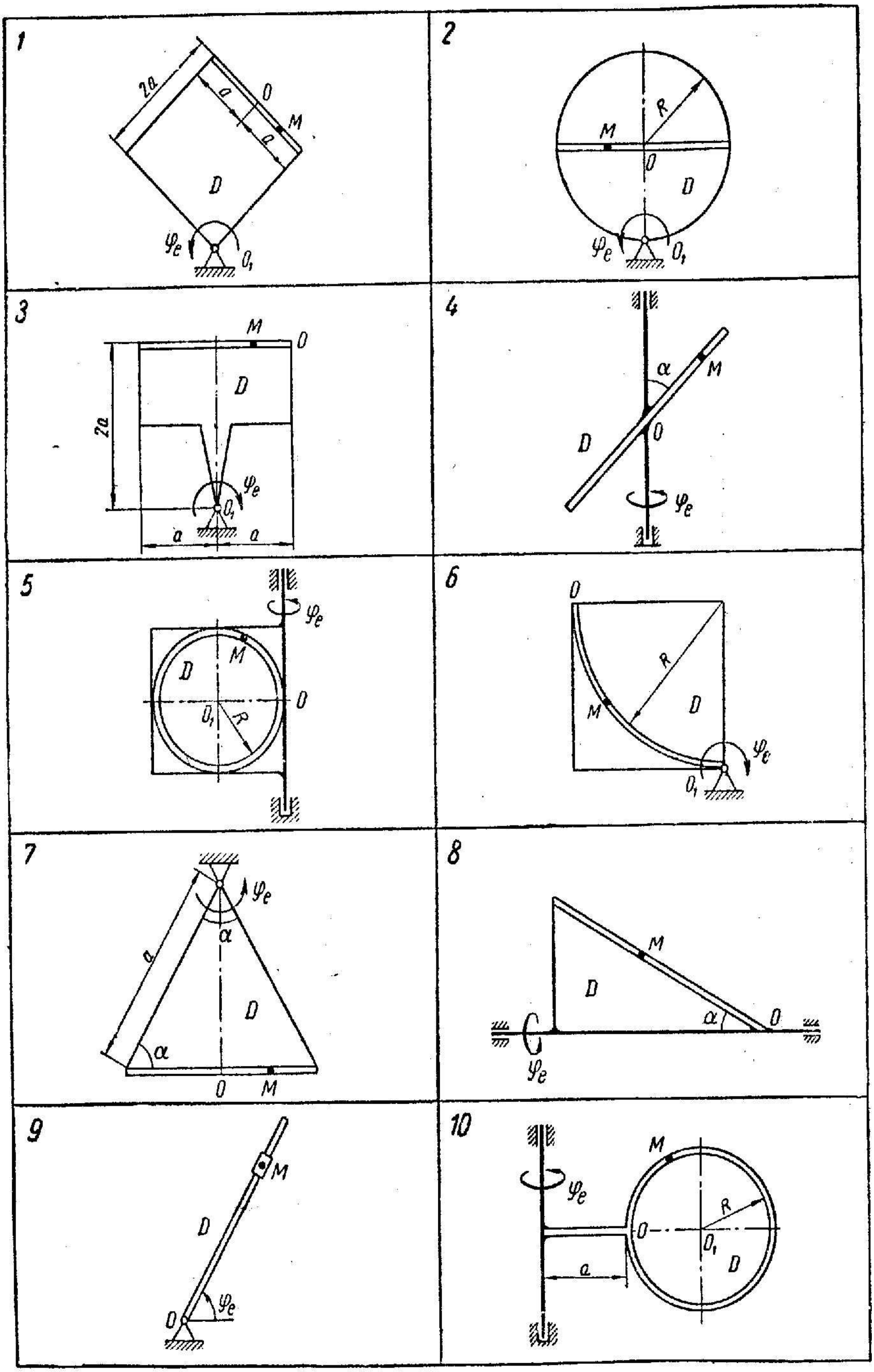
Mavzu: Кochirma harakat aylanma harakat bo'lgan hol uchun nuqtaning mutlaq tezlik va mutlaq tezlanishlarini aniqlash

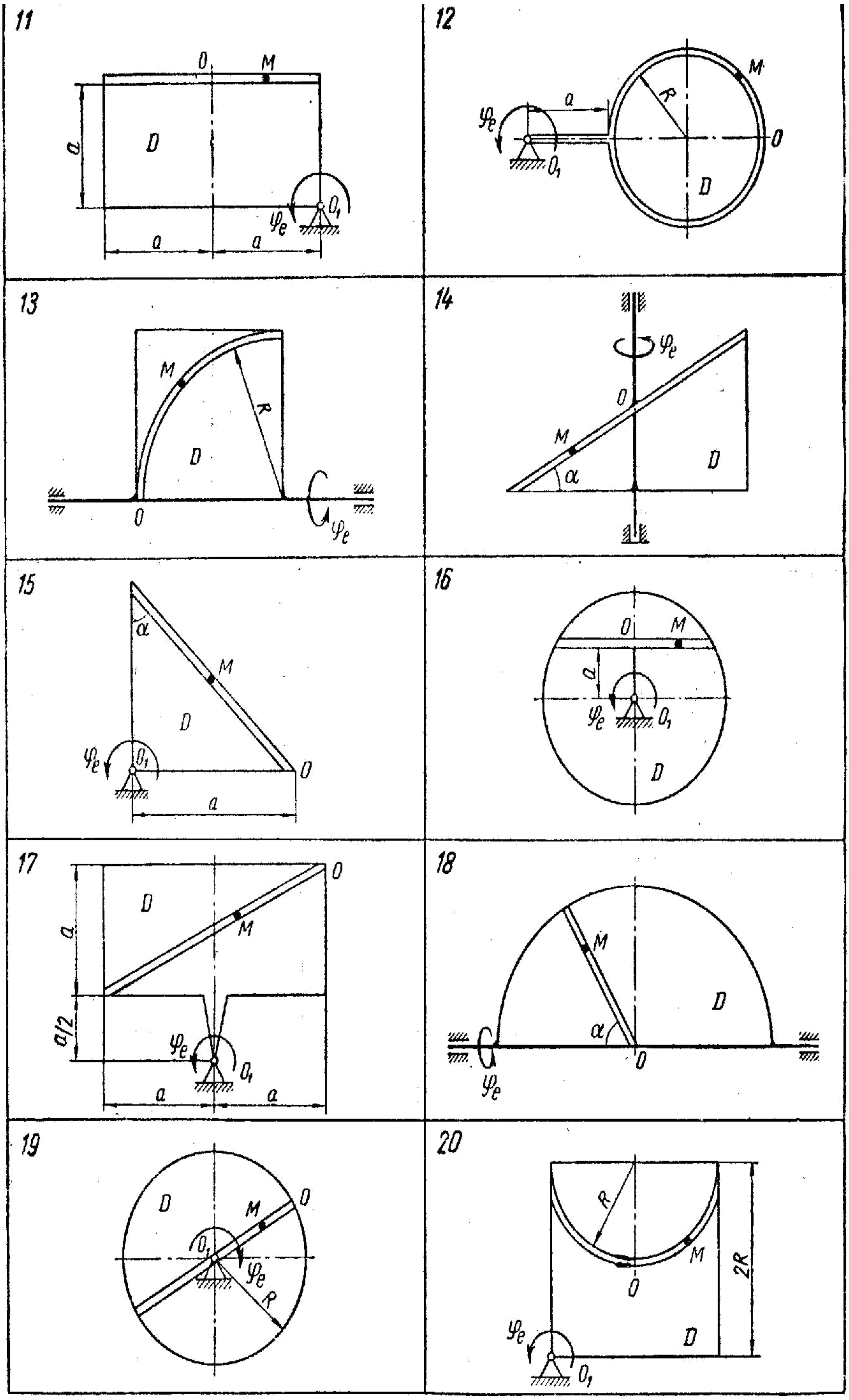
M nuqta D jismga nisbatan harakat qiladi. M nuqtaning nisbiy harakat tenglamasi va D jismning harakat tenglamalarining berili-shiga qarab $t = t_1$ vaqt uchun M nuqtaning mutlaq tezlik va mut- laq tezlanishi aniqlansin. Quyida mexanizmlar sistemasi va hisob- lash uchun 1-jadval keltirilgan.

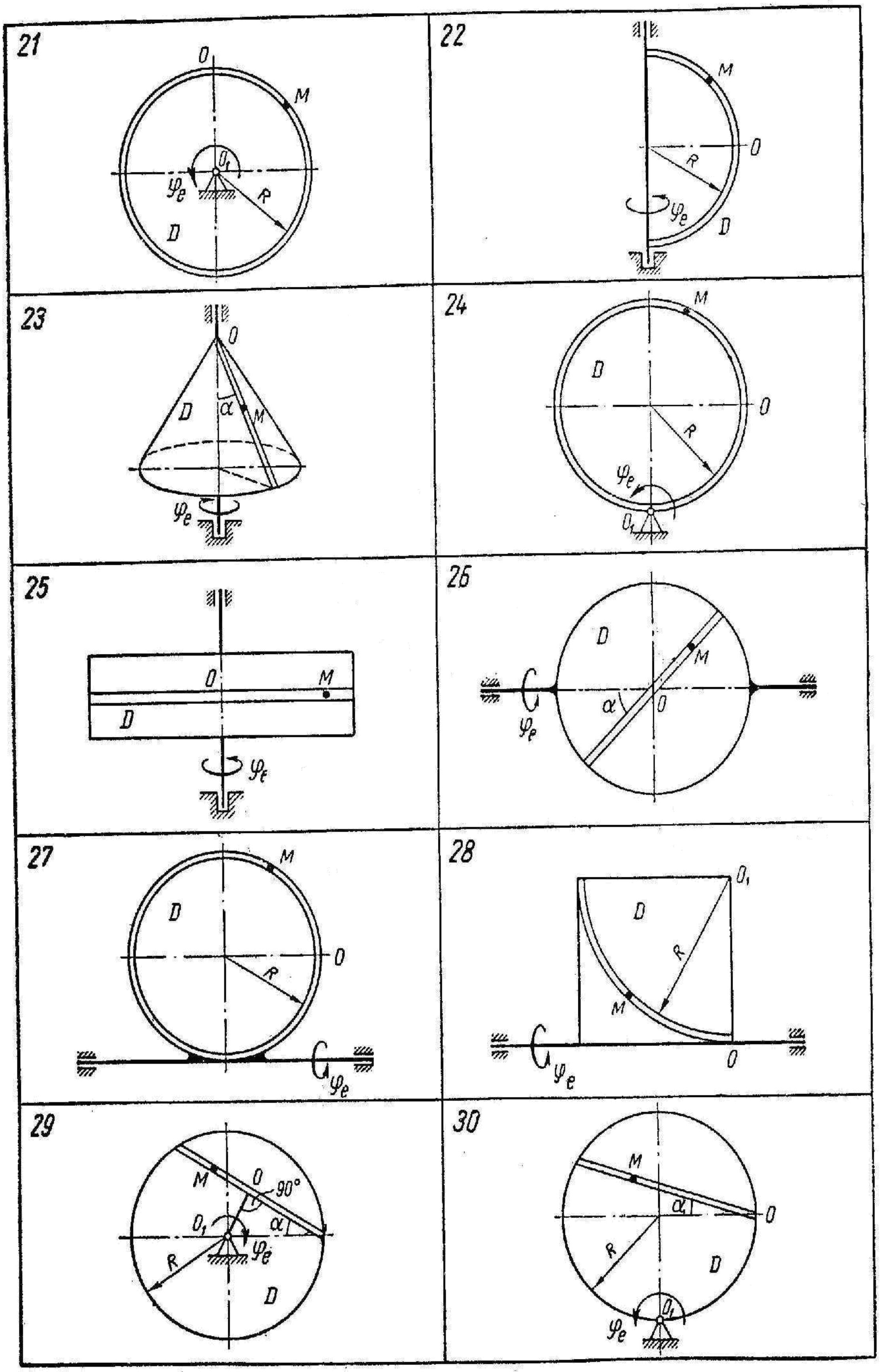
1-jadval

№ variant tartibi	M nuqtaning nisbiy harakat tenglamasi $OM = S_r = S_r(t)$ sm	D jismning harakat tenglamasi $\varphi_e = \varphi_e(t)$ rad	t_1 sek	R sm	a sm	α grad
1.	$18\sin(\pi t/4)$	$2t^3 - t^2$	**2/3**	**-**	**25**	-
2.	$20\sin \pi t$	$0{,}4t^2 + t$	**5/3**	**20**	**-**	-
3.	$6t^3$	$2t + 0{,}5t^2$	**2**	**-**	**30**	**-**
4.	$10\sin(\pi t/6)$	$0{,}6t^2$	**1**	**-**	**-**	**60**
5.	$40\pi\cos(\pi t/6)$	$3t - 0{,}5t^3$	**2**	**30**	**-**	**-**
6.	$150\pi t^2$	$0{,}75t + 1{,}5t^2$	**1/6**	**25**	**-**	**-**
7.	$20\cos 2\pi t$	$05t^2$	**3/8**	**-**	**40**	**60**
8.	$6(t + 0{,}5t^2)$	$t^3 - 5t$	**2**	**-**	**-**	**30**
9.	$10(1 + \sin 2\pi t)$	$4t + 1{,}6t^2$	**1/8**	**-**	**-**	**-**
10.	$20\pi\cos(\pi t/4)$	$1{,}2t - t^2$	**4/3**	**20**	**20**	**-**
11.	$25\sin(\pi t/3)$	$2t^2 - 0{,}5t$	**4**	**-**	**25**	**-**
12.	$15\pi t^3/6$	$5t - 4t^2$	**2**	**30**	**30**	**-**
13.	$120\pi t^2$	$8t^2 - 3t$	**1/3**	**40**	**-**	**-**
14.	$3 + 14\sin \pi t$	$4t - 2t^2$	**2/3**	**-**	**-**	**30**
15.	$5\sqrt{2}(t^2 + t)$	$0{,}2t^3 + t$	**2**	**-**	**60**	**45**
16.	$20\sin \pi t$	$t - 0{,}5t^2$	**1/3**	**-**	**20**	**-**
17.	$8t^3 + 2t$	$0{,}5t^2$	**1**	**-**	**45**	**-**
18.	$10t + t^3$	$8t - t^2$	**2**	**-**	**-**	**60**
19.	$6t + 4t^3$	$t + 3t^3$	**2**	**40**	**-**	**-**
20.	$30\pi\cos(\pi t/6)$	$6t + t^2$	**3**	**60**	**-**	**-**
21.	$25\pi(t + t^2)$	$2t - 4t^2$	**1/2**	**25**	**-**	**-**
22.	$10\pi\sin(\pi t/4)$	$4t - 0{,}2t^2$	**2/3**	**30**	**-**	**-**
23.	$3t^2 + 4t$	$2t - 0{,}25t^2$ -	**2**		**-**	**30**
24.	$75\pi(0{,}1t + 0{,}3t^3)$	$2t - 0{,}3t^2$	**1**	**30**	**-**	**-**
25.	$15\sin(\pi t/3)$	$10t - 0{,}1t^2$	**5**	**-**	**-**	**-**
26.	$8\cos(\pi t/2)$	$-2\pi t^2$	**3/2**	**-**	**-**	**45**
27.	$10\sqrt{2}\pi\cos 2\pi t$	$t - 0{,}5t^3$	**1/8**	**30**	**-**	**-**

28.	$2{,}5\pi t^2$	$2t^3-5t$	**2**	**40**	**-**	**-**
29.	$6\sqrt{6}\sin(\pi t/16)$	$0{,}6t^2$	**4**	**36**	**-**	**30**
30.	$5\sqrt{3}t^3/3$	$2t^2-3t$	**2**	**20**	**-**	**30**


1
2a
a
a
O
M
D
φe
O1
2
R
M
O
D
φe
O1
3
M
O
D
2a
φe
O1
a
a
4
α
M
O
D
φe
5
φe
M
D
O
O1
R
6
O
R
D
M
φe
O1
7
φe
α
a
D
α
O
M
8
M
D
α
O
φe
9
M
D
φe
O
10
φe
M
R
O
O1
D
a


11
12
13
14
15
16
17
18
19
20


21
O
M
O1
φe
R
D
22
M
O
R
φe
D
23
O
α
D
M
φe
24
M
D
O
R
φe
O1
25
O
M
D
φe
26
D
M
α
O
φe
27
M
D
O
R
φe
28
O1
D
R
M
O
φe
29
M
O
90°
O1
α
φe
R
D
30
M
α
O
R
D
O1
φe

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Шохайдарова П. ва бошқалар. Назарий механика. –Т.: "Ўқитувчи", 1992 .
2. Рашидов Т.Р. ва бошқалар. Назарий механика асослари. –Т.: "Ўқитувчи", 1991.
3. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. –T.: "Yangi asr avlodi", 2008.
4. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D. Nazariy mexanika (Kinematika). O‘quv qo‘llanva. TDTU, 2006.
5. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тœпламиъ. –Т.: "Ўқитувчи", 1990 .
6. Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А. Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами. –Т.: "Зиё-ношир", 2002.
7. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Под редакцией А.А. Яблонского. –М.: "Высшая школа", 2002.
8. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. 2-е изд., Физматлит, 2001 321p.Russian djvu. 2901 KB 0,9 KB/p. 600dpi OCR lib.homelinux.org /файл/

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

K.A. KARIMOV, X.N. HABIBULLAYEVA

TEBRANMA HARAKATLAR

hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun uslubiy ko‘rsatma

5520000 - muhandislik va muhandislik ishi
bakalavriyat ta’lim yo‘nalishi talabalari uchun

Toshkent–2012

UDK. 531.8

Tebranma harakatlar. Uslubiy ko‘rsatma. K.A.Karimov, X.N.Habibullayeva. Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 2012, 55 b.

Taqrizchilar:

Mirsaidov M.M. – Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti «Qurilish mexanikasi va materiallar qarshiligi» kafedrasi mudiri, professor, texnika fanlari doktori.

Karimov R. I. – Toshkent davlat texnika universiteti «Materiallar qarshiligi va mexanika » kafedrasi mudiri, professor, texnika fanlari doktori.

«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlar turkumiga kirib, barcha mutaxassisliklar bo‘yicha dasturiy fanlardan biridir. Hozirgi zamon texnikasining jadal sur’atlar bilan rivojlanib borishi, ishlab chiqarish jarayonlarida texnologik talablarni hisobga olgan holda, parametrlari va bog‘lanishlari boshqariladigan mashina va mexanizmlarni keng tatbiq etish va ularning asosiy ishchi qismlari harakatlari nazariy asoslarini yaratish umummuhandislik fanlarining asosi bo‘lgan «Nazariy mexanika» fani qonunlari va prinsiplariga asoslanadi. Shuning uchun ham bu fanda o‘rganiladigan barcha mavzular har qanday murakkab mashina va jihozlarning ishlash sirlarini anglab yetishda dasturulamal vazifasini bajaradi. Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan bo‘lgan «Nazariy mexanika» fanini talabalar tomonidan chuqur o‘zlashtirilishi uchun o‘quv jarayonida hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun ko‘rsatma materiallar, uslubiy ko‘rsatmalardan, yangi informatsion texnologiyalar va multimedia usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ushbu uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan mavzu bo‘yicha talabalar hisoblash-grafik ishlarini bajaradilar. Keltirilgan namunalarga asoslanib talabalar berilgan topshiriqlarni mustaqil ravishda bajarishlari mumkin. Uslubiy ko‘rsatma talabalarning nazariy va amaliy bilimlarini oshirishda hamda tekshiruv ishlarini bajarishda yaqindan yordam beradi.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga ko‘ra chop etildi.

Fakultet ilmiy kengash raisi dots. Norxo’jayev F.R.

Fakultet uslubiy kengash raisi dots. Tulayev B.R.

KIRISH

Hozirgi zamon lokomotiv va vagonlar, avtomobil va kemalar, samolyotlar tezliklarining o‘sib borishi, ularda vujudga keladigan tebranma harakatlarni o‘rganishni ko‘ndalang qilib qo‘ymoqda. Ba’zi hollarda tebranishlar zararli ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Masalan, mashinalar va ularning detallari, inshoot va ko‘priklar, turli muhandislik konstruksiyalari vibratsiyalar tufayli tezda ishdan chiqadi. Natijada har xil falokatlar ro‘y berishi mumkin. Uzoq vaqt vibratsiya ta’sirida inson organizmi kasallikka chalinadi. Ayrim hollarda esa tebranishlardan unumli foydalaniladi. Tebranishni vujudga keltiruvchi kuchlar turli xarakterga ega bo‘lishi mumkin. Masalan, matematik mayatnikda bu og‘irlik kuchidan iborat. Tabiiy sodir bo‘ladigan yoki texnikada foydalaniladigan jarayonlarda tebranish muhim ro‘l o‘ynaydi. Tovush, elektromagnit hodisalar tebranishning turli ko‘rinishidan iborat.Texnikaning elektr energiya ishlab chiqarish, uni uzatish va iste’mol qilish: telefon, telegraf, radio aloqalar, televideniye, radio- lakatsiya kabi muhim sohalari elektr va elektromagnit tebranish- lardan foydalanishga asoslangan. Tebranish sodir bo‘ladigan jarayonlarning mohiyati turlicha bo‘lishiga qaramay, ulardagi tebranishning xarakterli xususiyatlari bir xil qonuniyatlarga bo‘ysunadi. Masalan, mayatnik, prujinaga osilgan yuk va vagon kuzovining tebranishlari, elektr konturdagi tebranish, kemaning suvda chayqalishi bir xil differensial tenglama bilan ifodalanishi mumkin.

Tebranishning umumiy qonuniyatlarini tebranish nazariyasi o‘rgatadi.

Bularning hammasi tebranishlar nazariyasini puxta o‘rganishni taqozo etadi.

Tebranma harakatning quyidagi turlarini ko‘rib chiqamiz:

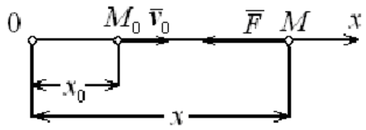
1. Erkin tebranma harakat.
2. So‘nuvchi tebranma harakat.
3. Qarshilik kuchi bo‘lmagan holda majburiy tebranma harakat.
4. Qarshilik kuchi bo‘lgan holda majburiy tebranma harakat. Tebranma harakat turlarini o‘rganish mexanika, fizika va texnika fanlarining aniq masalalarini yechish uchun zarurdir.

1-§. Moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

Moddiy nuqtaning erkin tebranma harakatini ko‘ramiz. Ox o‘qining boshi M moddiy nuqtaning muvozanat holatida bo‘lsin.

Massasi m bo‘lib, qaytaruvchi $\overline{F}$ kuch ta’sir etsin (1-shakl). Qaytaruvchi kuch $\overline{F}$ moddiy nuqtani muvozanat holatiga qaytarishga intiluvchi kuch. Bu kuch hamma vaqt moddiy nuqtaning muvozanat holatiga qarab yo‘naladi va moddiy nuqtaning koordinatasiga bog‘liq o‘zgaradi, ya’ni:

$$F = c\,x \qquad (1.1)$$



1-shakl.

Bu yerda: c – bikirlik koeffitsienti bo‘lib, moddiy nuqtani bir birlik masofaga siljitish uchun kerak bo‘lgan kuchni ifodalaydi va N/m da o‘lchanadi. Bunday kuchga elastiklik kuchi misol bo‘la oladi. Moddiy nuqta boshlang‘ich vaqtda koordinata boshidan x_0 masofada joylashgan bo‘lib, $\bar{v}_0$ tezlikka ega bo‘lsin.

Moddiy nuqta harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x \tag{1.2}$$

(1.1) ni (1.2) ga qo‘ysak, tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$m\ddot{x} = -F; \rightarrow m\ddot{x} = -cx; \rightarrow \ddot{x} + \frac{c}{m}x = 0. \tag{1.3}$$

Belgilash kiritamiz:

$$k^2 = \frac{c}{m} \tag{1.4}$$

(1.3) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \tag{1.5}$$

(1.5) tenglama moddiy nuqtaning erkin tebranma harakat differensial tenglamasini ifodalaydi. Bu tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt \tag{1.6}$$

C_1 va C_2 lar integral o‘zgarmaslari bo‘lib, ularni boshlang‘ich shartlardan aniqlanadi. Boshlang‘ich shartlar quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$t = 0 \quad \text{da} \quad x = x_0\,; v = v_0. \tag{1.7}$$

(1.6) tenglamadan birinchi tartibli hosila olamiz:

$$\dot{x} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt \tag{1.8}$$

(1.7) ifodani (1.6) va (1.8) tenglamalarga qo‘yib, integral o‘zgar- maslarini aniqlaymiz.

Natijada $C_1 = x_0$; $C_2 = \dfrac{v_0}{k}$ kelib chiqadi.

C_1 va C_2 ning qiymatlarini (1.6) ga qo‘yamiz va moddiy nuqtaning tebranma harakat qonunini aniqlaymiz:

$$x = x_0 \cos kt + \frac{v_0}{k} \sin kt \tag{1.9}$$

Agar integral o‘zgarmaslarini $C_1 = a\sin\alpha$; $C_2 = a\cos\alpha$ ko‘rinishda ifodalasak, (1.5) differensial tenglamaning yechimi quyidagicha yoziladi:

$$x = a\sin(kt + \alpha) \tag{1.10}$$

Bu tenglamada a – tebranish amplitudasi, $kt + \alpha$ – tebranish fazasi, α – boshlang‘ich tebranish fazasi deyiladi. Ular quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$a = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = \sqrt{x_0^2 + v_0^2 / k^2} \tag{1.11}$$

$$tg\alpha = kx_0 / v_0 \tag{1.12}$$

Bu yechimdan ko‘rinib turibdiki, chiziqli qaytaruvchi kuch ta’sirida moddiy nuqta garmonik tebranma harakat qiladi.

Tebranish davri T ni aniqlaymiz. Sinus va kosinus trigonometrik funksiyalar davri 2π ga teng. T o‘zgarganda tebranish fazasi 2π ga o‘sadi. Demak:

$$k(t + T) + \alpha - (kt + \alpha) = 2\pi \tag{1.13}$$

Bu tenglamani yechsak:

$$T = \frac{2\pi}{k} \tag{1.14}$$

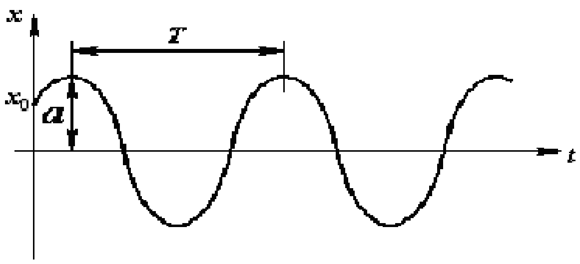
Tebranish doiraviy takrorligining qiymatini qo‘ysak:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}} \tag{1.15}$$

(1.15) tenglamada x_0 va v_0 lar qatnashmaydi. Demak, tebranish davri harakatning boshlang‘ich shartlariga bog‘liq emas. Tebranish takrorligi γ moddiy nuqtaning massasi va qaytaruvchi kuchni xarakterlovchi bikirlikka bog‘liq. Ya’ni:

$$\gamma = \frac{k}{2\pi} = \frac{1}{T} \tag{1.16}$$

Erkin tebranma harakat grafigini (2- shakl) tasvirlaymiz.



2-shakl.

2-shakldagi x_0 moddiy nuqtaning boshlang‘ich paytdagi og‘ishi va nuqtaning bir marotaba to‘liq tebranishi uchun ketgan T vaqti tebranish davridir.

2-§. Og‘irlik kuchi ta’sirida moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

Massasi *m* bo‘lgan moddiy nuqta *AB* prujinaga ilingan. Og‘irlik kuchi ta’sirida prujinaning statik cho‘zilishi f_{st} ga teng. Koordinata boshini moddiy nuqtaning statik muvozanat holatidagi vaziyatida deb qabul qilib, uning harakatini tekshiramiz (3-shakl).

Prujinaning elastiklik kuchi $F = c\left(y + f_{st}\right)$ ga teng.

Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{y} = G - F \tag{2.1}$$

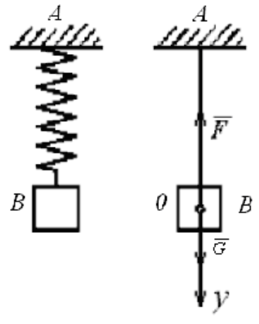
$\overline{G}$ –moddiy nuqtaning og‘irlik kuchi. Jismning muvozanat holatida $G = cf_{st}$ ga teng. (2.1) tenglamaga kuchlarning ifodalarini
qo‘ysak,

$$\begin{aligned} m\ddot{y} &= c\,f_{st} - c\left(y + f_{st}\right) \\ m\ddot{y} &= c\,f_{st} + c\,y - c\,f_{st} \end{aligned} \tag{2.2}$$

kelib chiqdi. Ifodani soddalashtirib, belgilashlarni qo‘yamiz:

$$\ddot{y} + k^2 y = 0 \tag{2.3}$$

(2.3) tenglama erkin tebranma harakat differensial tenglamasini ifodalaydi. Uning yechimi (2.6) ko‘rinishda ifodalanadi.



3-shakl.

Uning yechimi (1.6) ko‘rinishda ifodalanadi, ya’ni:

$$y = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt \tag{2.4}$$

Integral o‘zgarmaslari $C_1 = y_0$; $C_2 = \frac{v_0}{k}$ ga teng bo‘lib, ularni o‘rniga qo‘yib, (2.4) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$y = y_0 \cos kt + v_0/k \sin kt \tag{2.5}$$

Bundan ko‘rinib turibdiki, og‘irlik kuchi jismning muvozanat holatini o‘zgartirar ekan. Agar bizga prujinaning statik deformatsiyasi f_{st} berilgan bo‘lsa, tebranish doiraviy takrorligi:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{c}{G/g}} = \sqrt{\frac{cg}{G}} = \sqrt{\frac{cg}{cf_{st}}} = \sqrt{\frac{g}{f_{st}}} \tag{2.6}$$

Demak, (2.6) ifodani (2.5) ga olib borib qo‘ysak, og‘irlik kuchi ta’sirida harakatlanayotgan moddiy nuqtaning harakat qonuni kelib chiqadi, ya’ni: $y = y_0 \cos\sqrt{\frac{g}{f_{st}}}t + \frac{v_0}{k}\sin\sqrt{\frac{g}{f_{st}}}t$

Tebranish davrini aniqlaymiz ,

$$T = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\sqrt{g/f_{st}}} = 2\pi\sqrt{f_{st}/g}$$

Demak , $T = 2\pi\sqrt{f_{st}/g}$

3- §. Muhit qarshilik kuchi ta’sirida moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

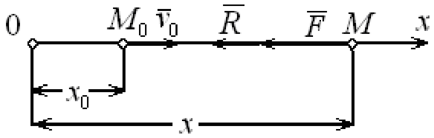
Tabiatda va texnikada jismga qaytaruvchi kuchdan tashqari muhitning qarshilik kuchi ham ta’sir etadi. Bunday kuchlarga ishqalanish kuchi, havoning qarshilik kuchi misol bo‘la oladi. Bu kuchlar harakatning tez so‘nishiga olib keladi.

Muhit qarshiligining tebranma harakatga ta’sirini ko‘rib chiqa- miz. Massasi m bo‘lgan M moddiy nuqtaga qaytaruvchi $\overline{F}$ kuch- dan tashqari tezlikning funksiyasi bo‘lgan va harakat yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan qarshilik kuchi $\overline{R}$ ta’sir etsin (4-shakl).

Nuqtaning kichik tezliklarida qarshilik kuchi tezlikning birinchi darajasiga proporsional ravishda o‘zgaradi, ya’ni:

$$R = \mu v\,; \quad F = cx. \tag{3.1}$$

Bu yerda: μ – muhit qarshiligining proporsionallik koeffitsienti.



4-shakl

Moddiy nuqta boshlang‘ich vaqtda koordinata boshidan x_0 masofada joylashgan va $\bar{v}_0$ tezlikka ega bo‘lsin. Moddiy nuqta uchun harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x + R_x \;(3.2)\; m\ddot{x} = -F - R \tag{3.3}$$

(3.1) ni (3.3) olib kelib qo‘ysak:

$$m\ddot{x} = -cx - \mu v \rightarrow m\ddot{x} + cx + \mu v = 0 \rightarrow \ddot{x} + \frac{\mu}{m}\dot{x} + \frac{c}{m}x = 0 \tag{3.4}$$

(3.4) tenglama hosil bo‘ladi. Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$2n = \frac{\mu}{m}; \; k^2 = \frac{c}{m} \tag{3.5}$$

Belgilashlarni (11.4) tenglamaga olib borib qo‘ysak:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = 0 \tag{3.6}$$

hosil bo‘ladi. (3.6) tenglama muhit qarshilik kuchi ta’sirida mod- diy nuqtaning erkin tebranma harakat differensial tenglamasidir. Bu tenglamaning umumiy yechimi:

$$x = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \tag{3.7}$$

C_1 ; C_2 lar integral o‘zgarmaslari, λ_1; λ_2 lar esa:

$$\lambda^2 + 2n\lambda + k^2 = 0 \tag{3.8}$$

(3.8) xarakteristik tenglamaning yechimidir, ya’ni:

$$\lambda_{1,2} = -n \pm \sqrt{n^2 - k^2} \tag{3.9}$$

Bu yerda: $n = \dfrac{\mu}{2m}$ muhit qarshilik kuchini xarakterlaydi, $k = \sqrt{c/m}$ esa qaytaruvchi kuchni xarakterlaydi. (3.8) tenglamadan ko‘rinadiki, (3.6) tenglamaning umumiy yechimini tuzishda quyidagi uch holni ko‘ramiz.

1. Kichik qarshiliklar bo‘lgan hol, ya’ni k >n.

Bu holda (11.8) xarakteristik tenglamaning yechimi mavhumdir:

$$\lambda_{1,2} = -n \pm i\sqrt{k^2 - n^2}, \tag{3.10}$$

yoki: $\lambda_{1,2} = -n \pm ik_1$ (3.11)

Bu yerda: $k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$ va $i = \sqrt{-1}$.

(3.6) tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}(C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) \tag{3.12}$$

Bunda: C_1, C_2 lar integral o‘zgarmaslaridir. Ular boshlang‘ich shartlardan aniqlanadi, ya’ni :

$$t = 0 \text{ da } x = x_0; \quad \dot{x} = v_0 . \tag{3.13}$$

Bu hol uchun tezlikning harakato‘qidagi proyeksiyasi

$$\dot{x} = -ne^{-nt}(C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) + e^{-nt} k_1 (C_2 \cos k_1 t - C_1 \sin k_1 t) \tag{3.14}$$

(3.12) va (3.14) tenglamalarga (3.13) ni qo‘yib, C_1; C_2 larni aniqlaymiz:

$$C_1 = x_0 , \; C_2 = \frac{v_0 + nx_0}{k_1} \tag{3.15}$$

Demak, (3. 12) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = e^{-nt}(x_0 \cos k_1 t + \frac{v_0 + nx_0}{k_1} \sin k_1 t) \tag{3.16}$$

(3.16) tenglama muhit qarshilik kuchi ta‘sirida moddiy nuqta erkin tebranma harakatining kichik qarshiliklar bo‘lgan hol uchun harakat qonunidir. Agar integral o‘zgarmaslarini

$$\begin{aligned} C_1 &= a_1 \sin \beta \\ C_2 &= a_1 \cos \beta \end{aligned} \tag{3.17}$$

ko‘rinishda ifodalasak, (11.6) tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = a_1 e^{-nt} \sin(k_1 t + \beta) \tag{3.18}$$

(3.18) tenglama (1.10) garmonik tebranma harakat tenglamasidan vaqto‘tishi bilan tez kamayuvchi e^{-nt} ko‘paytma bilan farq qiladi, chunki $t \to \infty, e^{-nt} \to 0$. Shuning uchun (3.18) qonun bilan tebranuvchi moddiy nuqtaning harakati so‘nuvchi tebranma harakat deyiladi. a_1 va

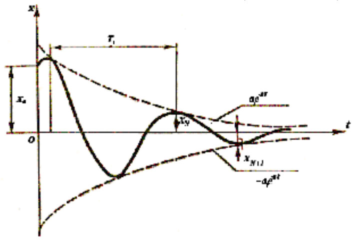
β integral doimiylari (3.13) boshlang‘ich shartlardan aniqlanadi. Buning uchun (3.15) va (3.17) tenglamalardan foydalanamiz:

$$a_1 \sin\beta = x_0 \quad \text{va} \quad a_1 \cos\beta = \frac{v_0 + nx_0}{k_1} \tag{3.19}$$

(3.19) tenglamadan:

$$a_1 = \frac{1}{k_1}\sqrt{k_1^2 x_0^2 + (v_0 + nx_0)^2}; \quad tg\beta = \frac{k_1 x_0}{v_0 + nx_0} \tag{3.20}$$

So‘nuvchi tebranma harakat grafigini $a_1 e^{-nt}$ va $-a_1 e^{-nt}$ egri chiziqlarga urinib o‘tuvchi so‘nuvchi sinusoida grafigi ko‘rinishi- da tasvirlanadi (5-shakl).



5-shakl.

Grafikdan aniq ko‘rinib turibdiki, *M* nuqtaning tebranishi davriy emas. Tebranish davri shartli ravishda qabul qilingan. So‘nuvchi tebranma harakat davri erkin tebranma harakat davridan birmuncha katta. Lekin qarshilik kuchi kichik bo‘lganda tebranish davri taxminan $T_1 \approx T$ deb olingan,ya’ni:

$$T_1 = \frac{2\pi}{k_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - n^2}} \tag{3.21}$$

(3.18) tenglamadagi $A = a_1 e^{-nt}$ ifoda so‘nuvchi tebranish amplitudasi deyiladi. So‘nuvchi tebranish amplitudasi vaqto‘tishi bilan kamayib borgani tufayli, tebranish fazasi 2π ga o‘zgarganda nuqta o‘zining avvalgi muvozanat holatidan eng katta chetga chiqishini takrorlay olmaydi. Tebranishlar amplitudasining kamayish qonunini ko‘rib chiqamiz. M nuqtaning t_1 paytda *O* muvozanat holatidan eng katta og‘ishi x_1 bo‘lsin, $t_1 + T_1$ vaqtda esa x_2 bo‘lsin. U holda:

$$x_1 = e^{-nt_1} a_1 \quad ; \quad x_2 = e^{-n\left(t_1 + \frac{T_1}{2}\right)} a_1 = e^{-\frac{nT_1}{2}} x_1 \tag{3.22}$$

bo‘ladi.

Demak, har yarim davr o‘tishi bilan tebranishlar amplitudasi, maxraji $q = e^{-\frac{nT_1}{2}}$ bo‘lgan geometrik progressiya kabi kamayib boradi. $q = e^{-\frac{nT_1}{2}}$ – so‘nish dekrementi deyiladi. $|\lg q| = -\frac{nT_1}{2}$ esa logarifmik dekrement deyiladi. Demak, tekshirishlardan shunday xulosaga keldikki, kichik qarshiliklar tebranish davriga oz ta‘sir qilib, geometrik progressiya qonuni asosida harakatni so‘ndiradi.

2. Katta qarshiliklar bo‘lgan hol, ya’ni n>k.

Bu holda (3.8) tenglamaning yechimi haqiqiy va turli bo‘lib, quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\lambda_{1;2} = -n \pm \sqrt{n^2 - k^2} \tag{3.23}$$

(11.6) tenglamaning umumiy yechimi:

$$x = e^{-nt}(C_1 ch\sqrt{n^2 - k^2}\,t + C_2 sh\sqrt{n^2 - k^2}\,t) \tag{3.24}$$

Yangi belgilashlar kiritsak, ya’ni:

$$C_1 = a_1\, sh\beta\,; \quad C_2 = a_1\, ch\beta. \tag{3.25}$$

U holda umumiy yechim quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = a_1 e^{-nt} sh\,(\sqrt{n^2 - k^2}\,t + \beta) \tag{3.26}$$

U holda umumiy tenglamadan ko‘rinib turibdiki, katta qarshiliklar bo‘lgan holda umumiy yechimda trigonometrik funksiyalar ishtirok etmaydi. Bu holda *M* nuqtaning harakati aperiodik harakatdan iborat bo‘ladi, chunki giperbolik sinus funksiyasi davriy bo‘lmagan funksiyadir. Giperbolik funksiyaning formulalari quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$sh\,wt = \frac{e^{wt} - e^{-wt}}{2} \quad ; \; ch\,wt = \frac{e^{wt} + e^{-wt}}{2} \tag{3.27}$$

Agar (3.27) tenglamani (3.24)ga qo‘ysak, (3.6) tenglama yechimi quyidagicha yoziladi:

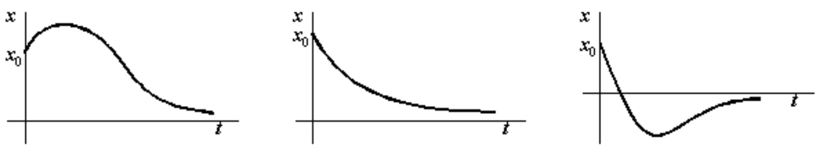
$$x = e^{-nt}\left(C_1 e^{wt} + C_2 e^{-wt}\right) \tag{3.28}$$

Bu yerda: $w = \sqrt{n^2 - k^2}$ ga teng. Integral o‘zgarmaslari $C_1; C_2$ lar (3.13) boshlang‘ich shartlardan foydalanib aniqlanadi:

$$C_1 = \frac{v_0 + x_0(n + \sqrt{n^2 - k^2})}{2\sqrt{n^2 - k^2}};\; C_2 = \frac{v_0 + x_0(n - \sqrt{n^2 - k^2})}{2\sqrt{n^2 - k^2}}; \tag{3.29}$$

(3.29) formuladan ko‘rinadiki, harakat tebranma bo‘lmaydi, vaqt o‘tishi bilan x kamayib, nolga intilib boradi, ya’ni $t \to \infty,\, x \to 0$.

Boshlang‘ich shartlarining qanday bo‘lishiga qarab, uning grafigi 6-shaklda tasvirlangan hollardan biri kabi bo‘ladi.



6-shakl.

3.Chegaraviy hol, ya’ni n=*k*.

Bu holda xarakteristik (11.8) tenglama ikkita teng, haqiqiy ildizga ega bo‘ladi, ya’ni:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = -n \tag{3.30}$$

bo‘lib, (3.6) tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}(C_1 + C_2 t) \tag{3.31}$$

(3.13) boshlang‘ich shartlardan foydalanib, integral doimiylarini hisoblaymiz:

$$C_1 = x_0;\, C_2 = v_0 + nx_0 \tag{3.32}$$

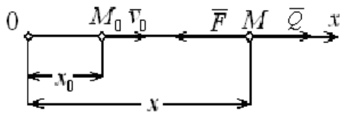
Demak, (3.6) tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}\left[x_0 + (v_0 + nx_0)\,t\right] \tag{3.33}$$

Bu hol ham davriy bo‘lmagan xarakterga ega bo‘lib, uning grafigi katta qarshiliklar bo‘lgan hol grafigidan (6-shakl) farq qilmaydi. Nuqta harakati tebranma harakat bo‘lmay, *aperiodik harakat*dan iboratdir.

4-§. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati

Moddiy nuqtaga qaytaruvchi kuch (1.1) dan tashqari uyg‘otuvchi kuch ham ta’sir etsin. (7-shakl).



7-shakl.

Uyg‘otuvchi kuch vaqtning davriy funksiyasi bo‘lsin, ya’ni:

$$Q = H\sin(pt + \delta) \tag{4.1}$$

Bu yerda: H – uyg‘otuvchi kuch amplitudasi, p – doiraviy takroriy son, δ – boshlang‘ich faza.

Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x + Q_x \tag{4.2}$$

Kuchlarni proyeksiyalaymiz:

$$m\ddot{x} = -F + Q \tag{4.3}$$

(1.1) va (4.1) tenglamalarni (4.3) ga qo‘yamiz:

$$m\ddot{x} = -cx + H\sin(pt + \delta) \tag{4.4}$$

$$m\ddot{x} + cx = H\sin(pt + \delta) \rightarrow \ddot{x} + \frac{c}{m}x = \frac{H}{m}\sin(pt + \delta) \tag{4.5}$$

Belgilash kiritamiz va (4.5) tenglamaga qo‘yamiz:

$$k^2 = \frac{c}{m}; \;\; h = \frac{H}{m}$$

$$\ddot{x} + k^2 = h\sin(pt + \delta) \tag{4.6}$$

(4.6) tenglama moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakat differensial tenglamasini ifodalaydi.

Moddiy nuqtaning qaytaruvchi va uyg‘otuvchi kuch ta’siridagi harakati xususiy tebranishli, k– takroriy sonli erkin tebranma hara- kat va p – takroriy sonli majburiy tebranma harakatdan tashkil top- gan. Differensial tenglama ikkinchi tartibli, bir jinsli bo‘lmagan, chap tomoni noldan farqli tenglamadir. Bu tenglamani integrallash- da ikki hol ko‘riladi, ya’ni: $p \neq k$ va $p = k$:

a) xususiy tebranish va uyg‘otuvchi kuch takroriy sonlari teng bo‘lmagan hol $p \neq k$ uchun (12.6) tenglamaning yechimini ko‘ramiz.

Uning yechimi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = x_1 + x_2 \tag{4.7}$$

Bu yerda: x_1 yechimi $\ddot{x} + k^2 x = 0$ tenglamaning umumiy yechimi, x_2 esa (4.6) tenglamaning xususiy yechimidir.

Umumiy yechimi:

$$x_1 = C_1\cos kt + C_2\sin kt \tag{4.8}$$

$$\text{yoki } x_1 = a\sin(kt + \alpha) \tag{4.9}$$

Xususiy yechimi:

$$x_2 = A\sin(pt + \delta) + B\cos(pt + \delta) \tag{4.10}$$

Bu yerda: A, B lar doimiy kattaliklar bo‘lib, ularni shunday tanlash kerakki (4.6) tenglama ayniyatga aylansin. (4.9) va (4.10) tenglamalarni (4.6) ga olib borib qo‘yib ayniyat hosil qilamiz:

$$-Bp^2\cos(pt + \delta) - Ap^2\sin(pt + \delta) + k^2(B\cos(pt + \delta) + \\ + A\sin(pt + \delta)) = h\sin(pt + \delta) \tag{4.11}$$

Ayniyat o‘rinli bo‘lishi uchun $\sin(pt+\delta)$ va $\cos(pt+\delta)$ lar oldidagi koeffitsientlari teng bo‘lishi kerak, ya’ni:

$$B(k^2-p^2)=0; \quad A(k^2-p^2)=h$$

Bundan: $$B=0; \quad A=\frac{h}{k^2-p^2}$$

Demak xususiy yechimi teng:

$$x_2=\frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta) \tag{4.12}$$

(4.8), (4.9) va (4.12) larni (4.7) ga qo‘ysak:

$$x=C_1\cos kt+C_2\sin kt+\frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta) \tag{4.13}$$

yoki

$$x=a\sin(kt+\alpha)+\frac{h}{k^2-p^2}\sin(pt+\delta) \tag{4.14}$$

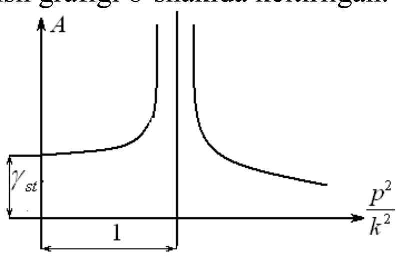
hosil bo‘ldi. Bu yerda: C_1, C_2 lar integral doimiyo‘zgarmaslaridir. Agar $p<k$ bo‘lsa, uyg‘otuvchi kuch bilan majburiy tebranma harakat fazalari bir xil bo‘ladi, $p>k$ b o‘lsa, (4.12) tenglama quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x_2=\frac{h}{p^2-k^2}\sin(pt+\delta-\pi) \tag{4.15}$$

Bu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, uyg‘otuvchi kuch takroriy soni p xususiy tebranish takroriy sonidan katta, lekin majburiy teb- ranish uyg‘otuvchi kuchga nisbatan π fazaga farq qiladi. Majburiy tebranish amplitudasi o‘zgarmas miqdor bo‘lib, uning p^2/k^2 nisbat bilan orasidagi bog‘liqlikni tekshiramiz. Ma’lumki, majburiy tebranish amplitudasi

$$A=\frac{h}{\left|k^2-p^2\right|}=\frac{\gamma_{st}}{\left|1-(p/k)^2\right|} \tag{4.16}$$

bu yerda: $\gamma_{st}=\frac{h}{k^2}=\frac{H/m}{c/m}=\frac{H}{c}$ – nuqtaga uyg‘otuvchi kuchning maksimal qiymatiga teng o‘zgarmas kuch ta’sir etganda, nuqtaning statik og‘ishini ifodalaydi. p^2/k^2 nisbatga bog‘liq ravishda A amplitudaning o‘zgarish grafigi 8-shakldа keltirilgan.



8-shakl.

Harakat qonunini aniqlash uchun boshlang‘ich shartlardan, ya’ni $t=0$ da $x=x_0;\ \dot{x}=v_0$ dan foydalanib, (4.13) tenglamada integral o‘zgarmaslari $C_1; C_2$ larni aniqlaymiz:

$$x_0=C_1+\frac{h}{k^2-p^2}\sin\delta \ \text{ yoki } \ C_1=x_0-\frac{h}{k^2-p^2}\sin\delta \tag{4.17}$$

(4.13) tenglamadan hosila olamiz va boshlang‘ich shartlardan foydalanib C_2 ni aniqlaymiz:

$$\dot{x} = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt + \frac{hp}{k^2 - p^2}\cos(pt + \delta) \tag{4.18}$$

$$\dot{x}_0 = C_2 k + \frac{hp}{k^2 - p^2}\cos\delta; \quad C_2 = \frac{1}{k}\left(v_0 - \frac{hp}{k^2 - p^2}\cos\delta\right) \tag{4.19}$$

Demak, harakat qonuni

$$x = x_0 \cos kt + \frac{v_0}{k}\sin kt - \frac{h}{k^2 - p^2}\left(\cos kt \cdot \sin\delta + \frac{p}{k}\sin kt \cdot \cos\delta\right) +$$
$$+ \frac{h}{k^2 - p^2}\sin(pt + \delta) \tag{4.20}$$

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, majburiy tebranish boshlang'ich shartlarga bog'liq emas.

b) xususiy tebranish va uyg'otuvchi kuch takroriy sonlari teng bo'lgan hol $(p = k)$ uchun (4.5) tenglamaning yechimini ko'ramiz. Bu holda ham (4.7), (4.8), (4.9) formulalardan foydalanamiz. (4.5) tenglamaning xususiy yechimini quyidagi ko'rinishda qidiramiz:

$$x_2 = At\sin(kt + \delta) + Bt\cos(kt + \delta) \tag{4.21}$$

x_2 va $\ddot{x}_2$ lar qiymatlarini (12.5) tenglamaga olib borib qo'ysak:

$$-2Bk\sin(kt + \delta) + 2Ak\cos(kt + \delta) = h\sin(kt + \delta) \tag{4.22}$$

kelib chiqadi. Bir xil trigonometrik funksiyalar oldidagi koeffitsientlarni tenglab, A *va* B larni aniqlaymiz:

$$-2Bk = h, \; 2Ak = 0 \tag{4.23}$$

(4.23) dan:

$$B = -\frac{h}{2k}; \quad A = 0 \tag{4.24}$$

(4.24) tengliklarni (4.21) tenglamaga olib borib qo'ysak, (4.5) tenglamaning *p=k* bo'lgan holi uchun xususiy yechimi kelib chiqadi, ya'ni:

$$x_2 = -\frac{ht}{2k}\cos(kt + \delta) \tag{4.25}$$

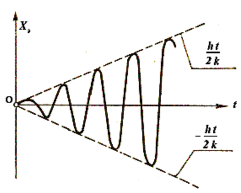
(4.8), (4.9) va (4.25) larni (4.7)ga olib borib qo'ysak, tenglamaning yechimi kelib chiqadi:

$$x = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt - \frac{ht}{2k}\cos(kt + \delta)$$
$$x = a\sin(kt + \alpha) - \frac{ht}{2k}\cos(kt + \delta) \tag{4.26}$$

(4.26) tenglamadan ko'rinib turibdiki, biz tekshirayotgan tebranma harakatning bu holida ikkala tebranish ustma-ust tushadi.

O'zgarmas amplitudali xususiy tebranish xarakteri $p \neq k$ holidagi kabi o'zgarmasdan qoldi. Majburiy tebranish fazasi uyg'otuvchi kuch fazasidan $\frac{3}{2}\pi$ ga farq qiladi. Demak:

$$x_2 = -\frac{ht}{2k}\cos(kt + \delta) = \frac{hk}{2k}\sin(kt + \delta + \frac{3}{2}\pi) \tag{4.27}$$



9-shakl.

Nuqtaning majburiy tebranma harakati amplitudasi o'suvchi, $\frac{ht}{2k}$ ga teng bo'lgan garmonik tebranma harakat kabi bo‘ladi. Demak, $p=k$ da rezonans hodisasi ro‘y beradi, ya’ni $t \to \infty$ da tebranish amplitudasi cheksiz orta boradi. Bu hodisa akustika, radiotexnika va inshootlarni dinamik hisoblashda katta ahamiyatga egadir.

Grafigi sinusoida bo‘lib, quyidagi $\frac{ht}{2k}; -\frac{ht}{2k}$ qonun bilan ifo-

dalanuvchi to‘g‘ri chiziqlarga urinib o‘tadi (9-shakl). Integral ixtiyoriyo‘zgarmaslari C_1 va C_2 lar boshlang‘ich sharlardan aniqlanadi, ya’ni: $t=0$ da $x = x_0; \dot{x} = v = v_0$. (4.26) tenglamadan C_1 ni aniqlaymiz: $x_0 = C_1$. (4.28)

(4.26) tenglamadan hosila olamiz:

$$\dot{x} = v = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt - \frac{h}{2k}\cos(kt+\delta) + \frac{ht}{2}\sin(kt+\delta) \tag{4.29}$$

(4.29) tenglamadan C_2 ni aniqlaymiz:

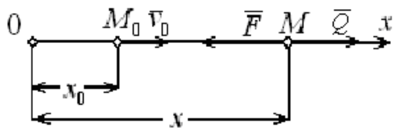
$$\dot{x}_0 = C_2 k - \frac{h}{2k}\cos\delta \;\rightarrow\; C_2 = \frac{1}{k}(v_0 + \frac{h}{2k}\cos\delta) \tag{4.30}$$

Demak, boshlang‘ich shartlarga mos holda (4.5) tenglamaning yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = x_0 \cos kt + \frac{1}{k}\left(v_0 + \frac{h}{2k}\cos\delta\right)\sin kt - \frac{ht}{2k}\cos(kt+\delta) \tag{4.31}$$

5-§. Muhitning qarshilik kuchi ta’siridagi moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati

Massasi m bo‘lgan M moddiy nuqtaga qaytaruvchi kuch $F = cx$ tezlikka proporsional bo‘lgan muhitning qarshilik kuchi $\overline{R} = \mu\overline{v}$ va uyg‘otuvchi kuch $Q = H\sin(pt+\delta)$ ta‘sir etsin. Moddiy nuqta to‘g‘ri chiziqli harakat qiladi va boshlang‘ich vaqtda koordinata boshidan x_0 masofada joylashgan va $\overline{v}_0$ tezlikka ega (10-shakl).



10-shakl.

Nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = R_x + F_x + Q_x$$

$$m\ddot{x} = -cx - \mu v + H\sin(pt+\delta) \tag{5.1}$$

Tenglamaga o‘zgartirish kiritib hamma hadlarini massa m ga bo‘lamiz:

$$\ddot{x} + \frac{\mu}{m}v + \frac{c}{m}x = \frac{H}{m}\sin(pt+\delta) \tag{5.2}$$

Belgilash kiritamiz:

$$\frac{H}{m} = h \; ; \; \frac{\mu}{m} = 2n \; ; \; \frac{c}{m} = k^2 \tag{5.3}$$

(5.3) ni (5.2) ga olib borib qo‘ysak, quyidagi formula kelib chiqadi:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = h\sin(pt+\delta) \tag{5.4}$$

(5.4) tenglama muhit qarshilik kuchini hisobga olganda moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakat differensial tenglamasidir. Uning yechimi ikkita tenglamalar yechimlarining yig‘indisidan iborat.

Ya’ni: $x = x_1 + x_2$ (5.5) Bu yerda: x_1 ni (11.6) differensial tenglamaning yechimi deb olamiz. Bu tenglama muhit qarshilik kuchi ta‘siridagi moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati differensial tenglamasi bo‘lib, tebranishning har bir hollari uchun yechimlari to‘liq 11-§ da keltirilgan. Kichik qarshiliklar bo‘lgan holda (3.6) tenglamaning yechimi (3.12) ga teng, ya’ni:

$$x_1 = e^{-nt}\left(C_1\cos k_1 t + C_2\sin k_1 t\right) \tag{5.6}$$

(5.4) differensial tenglamaning umumiy yechimi x_2 bo‘lib, quyidagi ko‘rinishda qidiriladi:

$$x_2 = D\sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{5.7}$$

noma‘lum integral doimiylar D va ε ni aniqlash uchun (5.7) tenglamadan birinchi va ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$\dot{x} = D\,p\cos(pt + \delta - \varepsilon) \tag{5.8}$$

$$\ddot{x}_2 = -Dp^2\sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{5.9}$$

(13.7), (13.8), (13.9) ifodalarni (13.4) tenglamaga qo‘ysak:

$$-Dp^2\sin(pt + \delta - \varepsilon) + 2nDp\cos(pt + \delta - \varepsilon) +$$
$$+ Dk^2\sin(pt + \delta - \varepsilon) == h\sin(pt + \delta)$$

(5.10)

(5.10) tenglamaning o‘ng tomonini quyidagi ko‘rinishda

$$h\sin(pt + \delta) = h\sin(pt + \delta - \varepsilon + \varepsilon) =$$

ifodalaymiz: $$= h\sin(pt + \delta - \varepsilon)\cos\varepsilon + h\cos(pt + \delta - \varepsilon)\sin\varepsilon \tag{5.11}$$

(5.11) ni (5.10) ga qo‘ysak, (5.12) tenglama kelib chiqadi:

$$D(k^2 - p^2)\sin(pt + \delta - \varepsilon) + 2nDp\cos(pt + \delta - \varepsilon) =$$
$$= h\cos\varepsilon\sin(pt + \delta - \varepsilon) + h\sin\varepsilon\cos(pt + \delta - \varepsilon) \tag{5.12}$$

Bu ayniyat bajarilishi uchun (5.12) tenglamaning o‘ng va chap tomonlaridagi mos trigonometrik funksiyalar, ya’ni: $\sin(pt + \delta - \varepsilon)$ va $\cos(pt + \delta - \varepsilon)$ lar oldidagi koeffitsientlar teng bo‘lishi kerak, ya’ni:

$$D\left(k^2 - p^2\right) = h\cos\varepsilon\,; \quad 2np\,D = h\sin\varepsilon \tag{5.13}$$

(5.13) tenglamani kvadratga ko‘tarib qo‘shsak, (5.14) tenglama kelib chiqadi, ya’ni:

$$D = \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2)^2 + 4n^2p^2}} \tag{5.14}$$

(5.13) tenglamalarni o‘zaro bo‘lsak,

$$tg\varepsilon = \frac{2np}{k^2 - p^2} \tag{5.15}$$

kelib chiqadi.

Demak, majburiy tebranishlar qonuni quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x_2 = \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2) + 4k^2p^2}}\sin(pt + \delta - \varepsilon) \tag{5.16}$$

(5.4) tenglamaning umumiy yechimi kichik qarshiliklar *(k>n)* bo‘lgan holda quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}(C_1\cos k_1 t + C_2\sin k_1 t) + \frac{h}{\sqrt{(k^2 - p^2) + 4k^2p^2}}\sin(pt + \delta - \varepsilon)$$
$$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2} \tag{5.17}$$

yechimdan ko‘rinib turibdiki, muhit qarshiligi bo‘lgan holdagi majburiy tebranishlar qonuni xususiy tebranishlar va majburiy tebranishlarning yig‘indisidan iborat ekan. e^{-nt} ko‘paytma xususiy tebranishni tez so‘nishini ifodalaydi. Shuning uchun ko‘p hisoblarda majburiy tebranishga ahamiyat beriladi. Katta qarshiliklar va chegaraviy hollarda (5.4) tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishlarda ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}\left(C_1 ch\sqrt{n^2-k^2}t + C_2 sh\sqrt{n^2-k^2}t\right) + \\ + \frac{h}{\sqrt{\left(k^2-p^2\right)+4k^2p^2}}\sin\left(pt+\delta-\varepsilon\right); \tag{5.18}$$

$$x = e^{-nt}(C_1 + C_2 t) + \frac{h}{\sqrt{(k^2-p^2)+4k^2p^2}}\sin(pt+\delta-\varepsilon) \tag{5.19}$$

(5.17), (5.18) va (5.19) tenglamalardagi $C_1; C_2$ lar integrallash doimiylari bo'lib, ularni boshlang'ich shartlardan, ya'ni $t=0$ da $x = x_0$; $v = v_0$ dan foydalanib aniqlanadi. (5.17) tenglamadan $C_1; C_2$ integral o'zgarmaslarini aniqlaymiz:

$$C_2 = \frac{1}{k_1}(\vartheta_0 + nx_0 - nD\sin(\delta-\varepsilon) - pD\cos(\delta-\varepsilon));$$

$$C_1 = x_0 - D\sin(\delta-\varepsilon) \tag{5.20}$$

Katta qarshiliklar va chegaraviy hollarda ham (5.4) tenglamaning yechimidagi o'zgarmaslar boshlang'ich shartlardan topiladi.

(5.17) tenglamadan ko'rinadiki, $t \to \infty$ da nuqtaning harakati faqat $x = D\sin(pt+\delta-\varepsilon)$ qonun bo'yicha ifodalanuvchi majburiy tebranma harakatdan iborat bo'lib qoladi. Majburiy tebranma harakatdan farqli erkin tebranma harakat juda kichik qarshilik kuchi bo'lganda ham so'nuvchi xarakterga ega bo'ladi.

6-§. Prujinalar parallel, ketma-ket ulangan va yuk prujinalar orasiga osilgan hollarda ularni ekvivalent prujina bilan almashtirish

Bikirliklari c_1 va c_2 bo'lgan prujinalar har xil ko'rinishlarda ulangan bo'lib, ekvivalent bitta prujina bilan almashtirishni ko'rib chiqamiz (20-shakl. *a*), b), d)).

1. Prujinalar o'zaro parallel ulangan hol.

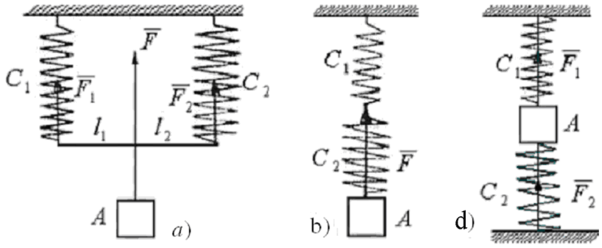
Prujinalarni bitta ekvivalent prujina bilan almashtiraylik. Prujinalarning A yuk ta'siridagi deformatsiyalarini mos ravishda f_1 va f_2 bilan belgilaymiz (11*a* -shakl). Prujinalar o'zaro parallel bo'lganidan, ulardan har birining deformatsiyasi bilan ekvivalent prujina deformatsiyasi f bir xil bo'lishi kerak,ya'ni:

$$f = f_1 = f_2 \tag{6.1}$$

Bu deformatsiyalar tufayli hosil bo'lgan elastik kuchlarini mos ravishda F, F_1, F_2 deylik. U holda:

$$F = F_1 + F_2 \tag{6.2}$$

bo'lishi kerak (bunda l_1 va l_2 masofalar $\overline{F}$ kuch qo'yilgan nuqtadan prujinalargacha bo'lgan masofa.



11-shakl.

C_1 va C_2 prujinalar bikirliklari).(14.2) tenglikni $f = f_1 = f_2$ ga hadma-had bo‘lamiz.

$$\frac{F}{f} = \frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} \tag{6.3}$$

Bundan:

$$\frac{F}{f} = c; \; \frac{F_1}{f_1} = c_1; \; \frac{F_2}{f_2} = c_2. \tag{6.4}$$

(6.4) tenglamani (6.3)ga qo‘ysak:

$$c = c_1 + c_2 \tag{6.5}$$

hosil bo‘ladi. (6.5) dan ko‘ramizki, o‘zaro parallel ulangan prujinalarga ekvivalent prujina bikirligi har qaysi prujina bikirliklarining yig‘indisiga tengdir.

2. Prujinalar ketma-ket ulangan hol.

Yuk ta’sirida prujinalar f_1 va f_2 ga teng deformatsiya olsa, prujinalarda hosil bo‘ladigan elastiklik kuchi $\overline{F}$ ga tengdir.

(11 b-shakl.) Agar prujinalarning umumiy deformatsiyasi *f* desak,

$$F = cf \tag{6.6}$$

$$f = \frac{F}{c} \tag{6.7}$$

tenglik o‘rinlidir.

Har qaysi prujina *F* kuch ta‘sirida deformatsiyalangani uchun:

$$f_1 = \frac{F}{c_1}; \; f_2 = \frac{F}{c_2} \tag{6.8}$$

umumiy deformatsiya

$$f = f_1 + f_2 \tag{6.9}$$

ga tengdir.

(6.7) va (6.8) tengliklarni (14.9) ga qo‘ysak:

$$\frac{F}{c} = \frac{F}{c_1} + \frac{F}{c_2} \tag{6.10}$$

hosil bo‘ladi. Bundan:

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} \;\rightarrow\; c = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \tag{6.11}$$

kelib chiqadi. Demak, ketma-ket ulangan ikkita prujinaga ekvivalent prujina bikirligi (6.11) formula bilan aniqlanadi.

3.Yuk prujinalar orasiga osilgan hol.

A yuk ta‘sirida bikirliklari C_1 va C_2 bo‘lgan prujinalar f_1 va f_2 ga teng deformatsiya olsinlar. Bunda birinchi prujina cho‘zilsa, ikkinchi prujina qisiladi va ularning olgan deformatsiyalari:

$$f_1 = f_2 \tag{6.12}$$

bo‘ladi. (11d-shakl.)

Prujinalarning biri cho‘zilib, ikkinchisi qisilgani uchun har qaysi prujinalardagi elastiklik kuchlari bir tomonga yo‘naladi. Shuning uchun prujinalarga ekvivalent prujina elastiklik kuchi, birinchi va ikkinchi prujinalar elastiklik kuchlarining yig‘indisiga teng, ya’ni:

$$F = F_1 + F_2 \tag{6.13}$$

Bu yerda: $F = c\,f$; $F_1 = c_1 f_1$; $F_2 = c_2 f_2$. (6.14)

ekanligini e’tiborga olib, (6.12) va (6.14) tenglamalarni (6.13) ga qo‘ysak:

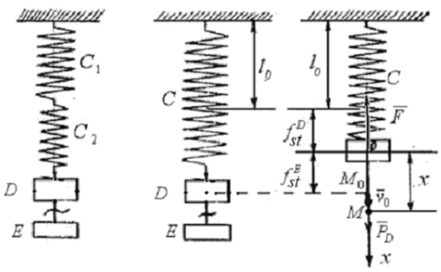
$$c = c_1 + c_2 \tag{6.15}$$

kelib chiqadi. Ya’ni yuk ikki prujina orasida joylashgan holda ekvivalent prujina bikirligi o‘zaro parallel prujinalarning bikirliklari kabi aniqlanadi.

Tebranma harakatlarga masalalar

***1-masala.**

Bikirlik koeffitsientlari tegishlicha $c_1 = 1800 N/m$ va $c_2 = 600 N/m$ bo‘lgan o‘zaro ketma-ket ulangan prujinalarga mas- salari $m_D = 1{,}5kg$, $m_E = 0{,}5kg$ bo‘lgan D va E yuklar ortilgan
bo‘lib, ular statik muvozanat holatida tinch turadi (12-shakl). Agar D va E yuklarni birlashtiruvchi sterjen qirqib tashlanib, vertikal bo‘ylab pastga yo‘nalgan $v_0 = 0.4 m/s$ boshlang‘ich tezlik berilsa, D yukning harakat tenglamasi aniqlansin.



12-shakl.

Koordinata boshi D yukning statik muvozanat holatida olinsin. Shuningdek, D yukning tebranish amplitudasi va tebranish davri aniqlansin.

Yechish:

Ketma-ket ulangan bikirliklari C_1 va C_2 bo‘lgan ikkita prujinalarni ekvivalent prujina bilan almashtirib, uning bikirligini (6.11) formula bilan aniqlaymiz, ya’ni:

$$c = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$$

D va E yuklarni tutashtiruvchi sterjen qirqib tashlansa, D yuk $\bar{v}_0$ boshlang‘ich tezlik bilan harakatlana boshlaydi. D yukning statik muvozanat holatini koordinata boshi deb olib, Ox o‘qini harakat yo‘nalishi bo‘yicha vertikal pastga yo‘naltiramiz. D yukning M holatida unga qo‘yilgan D yukning og‘irlik kuchi $\bar{P}_D$ va ekvivalent prujinaning elastiklik kuchi $\bar{F}$ ni shaklda tasvirlaymiz. Boshlang‘ich shartlarni aniqlaymiz. Masala shartiga ko‘ra boshlang‘ich paytda prujina D va E yuklar ta‘sirida mos ravishda, f_{st}^D va f_{st}^E statik deformatsiya olib, D yukning M_0 holatida boshlang‘ich shartlar quyidagicha yoziladi:

$$t = 0 \text{ da } x = x_0 = f_{st}^E;\ v = v_0 \tag{*1.1}$$

D yukning Ox o‘qi bo‘ylab harakati differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m_D \frac{d^2x}{dt^2} = \sum_{i=1}^{n} F_{ix} \tag{*1.2}$$

Bu yerda: $\sum_{i=1}^{n} F_{ix}$ ifoda D yukka ta‘sir etuvchi kuchlarning Ox o‘qidagi proyeksiyasi, ya’ni:

$$\sum_{i=1}^{n} F_{ix} = P_D - F \qquad (*1.3)$$

Elastiklik kuchi:

$$F = c\left(x + f_{st}^{D}\right) \qquad (*1.4)$$

Og‘irlik kuchi:

$$P_D = c\, f_{st}^{D} \qquad (*1.5)$$

ga teng. (*1.4) va (*1.5) tenglamalarni (*1.3) ga olib borib qo‘ysak, harakat differensial tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$m_D \frac{d^2x}{dt^2} = cf_{st}^{D} - cx - cf_{st}^{D} \rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{c}{m_D}x = 0 \qquad (*1.6)$$

Bu yerda: $k^2 = \frac{c}{m_D}$ belgilash kiritsak, (*5.6) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi, ya’ni:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \qquad (*1.7)$$

(*1.7) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, *D* yuk erkin tebranma harakat qiladi. Bu differensial tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$x = x_0 \cos kt + \frac{v_0}{k} \sin kt \qquad (*1.8)$$

Hisoblashlarni bajarib,(*1.8) tenglamaga qo‘yamiz.

$$c = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = \frac{1800 \times 600}{1800 + 600} = 450\, N/m \qquad (*1.\ 9)$$

$$k = \sqrt{\frac{c}{m_D}} = \sqrt{\frac{450}{1,5}} = \sqrt{300} = 17,3 s^{-1}$$

$$\frac{v_0}{k} = \frac{0,4}{17,3} = 0,023\ (m)$$

$$m_E g = cf_{st}^{E}$$

Biz bilamiz:

$$x_0 = f_{st}^{E} = \frac{m_E g}{c} = \frac{0,5 \times 9,8}{450} = 0,011(m) \qquad (*1.10)$$

(*1.9) va (*1.10) ifodalarni (*1.8) ga olib borib qo‘ysak, *D* yukning harakat qonuni kelib chiqadi:

$$x = 0,011 \cos 17,3t + 0,023 \sin 17,3t (m) \qquad (*1.11)$$

D yuk erkin tebranma harakatda bo‘lgani uchun tebranish davri teng:

$$T = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \sqrt{\frac{m_D}{c}} = 0,6\pi\ s \qquad (*1.12)$$

Tebranish amplitudasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$a = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0}{k}\right)^2} = \sqrt{(0,011)^2 + (0,023)^2} = 0,0255\ (m) \qquad (*1.13)$$

***2-masala.**

O‘zaro parallel bo‘lgan bir xil ikkita prujina *LN* sterjen bilan biriktirilgan bo‘lib, ularning massasi $m_D = 5kg$ bo‘lgan *D* yuk ta‘siridan olingan statik deformatsiyasi $f_{st}^{D} = 2sm$. *D* yuk ustiga $m_E = 5kg$ massali *E* yuk qo‘yilishi bilan yuklarning harakatiga tezlikning birinchi darajasiga proporsional bo‘lgan *R = 60 v (N)* kuch ta‘sir qila boshlaydi (13 *a* - shakl). 0 koordinata boshini *D* va *E* yuklarning statik muvozanat holatida olib,o‘qni vertikal bo‘yicha pastga yo‘naltirib, yuklarning birgalikdagi harakat qonuni topilsin. *LN* sterjen massasi va dempfer qismlarining massasi hisobga olinmasin.

Yechish:

O‘zaro parallel ulangan va bikirliklari teng ikki prujinani ularga ekvivalent bo‘lgan bitta prujina bilan almashtiramiz (13b-shakl).

$$c = c_1 + c_1 = 2c_1 \tag{*2.1}$$

Koordinata o‘qini masala shartida ta’kidlangani kabi tanlaymiz. *D* va *E* yuklarni M nuqta deb qaraymiz (13 d -shakl). M nuqtaga *D* va *E* yuklarning og‘irlik kuchlari $\overline{P}_D, \overline{P}_E$, muhitning qarshilik kuchi $\overline{R}$ va prujina elastik kuchi $\overline{F}$ ta‘sir qiladi.

Bu kuchlar 13-shaklda tasvirlangan. Boshlang‘ich shartlar quyidagicha bo‘ladi:

$$t = 0,\ x = x_0 = -f_{st}^E,\ v = v_0 = 0. \tag{*2.2}$$

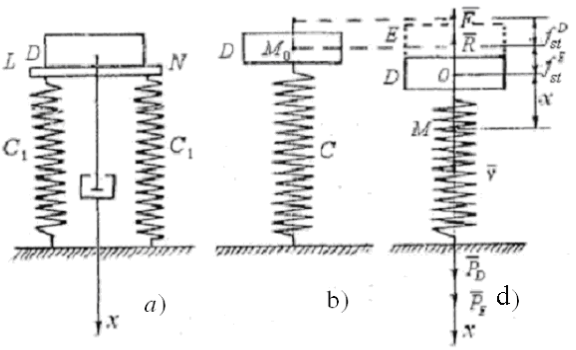
Bunda f_{st}^E ekvivalent prujinaning *E* yuk ta’siridagi statik deformat- siyasi:

$$f_{st}^E = \frac{P_E}{c} = \frac{m_E g}{c} \tag{*2.3}$$

M moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$(m_D + m_E)\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{ix} \tag{*2.4}$$

Bu tenglamada $\sum F_{ix} = P_D + P_E - F - R$ bo‘lishini e’tiborga olsak,
(*2.4) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:



13-shakl.

$$(m_D + m_E)\frac{d^2x}{dt^2} = P_D + P_E - F - R \tag{*2.5}$$

Bunda:

$F = cf$; $F = c\left(f_{st}^D + f_{st}^E + x\right)$; $R = 60v = 60\dfrac{dx}{dt}$; $\quad P_D + P_E = c\left(f_{st}^D + f_{st}^E\right)$ bo‘lgani uchun (*2.5) quyidagicha yoziladi:

$$(m_D + m_E)\frac{d^2x}{dt^2} + 60\frac{dx}{dt} + cx = 0 \tag{*2.6}$$

Tenglamaning ikki tomonini $(m_D + m_E)$ga bo‘lib, quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{60}{m_D + m_E}\frac{dx}{dt} + \frac{c}{m_D + m_E}x = 0 \tag{*2.7}$$

Belgilashlar kiritamiz, ya’ni:

$$\frac{c}{m_D + m_E} = k^2 \rightarrow \frac{60}{m_D + m_E} = 2n. \qquad (*2.8)$$

(*2.8) ni (*2.7)ga qo‘ysak, differensial tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2n\frac{dx}{dt} + k^2x = 0 \qquad (*2.9)$$

(*2.9) differensial tenglamaning yechimini yozishdan avval (*2.8) dan n va k larning qiymatlarini aniqlab taqqoslaymiz:

$$n = \frac{60}{2(m_D + m_E)} = 3s^{-1}$$

Masalaning shartiga ko‘ra, prujinalarning D yuk ta’siridagi statik deformatsiyasi $f_{st}^D = 2(sm) = 0.02(m)$ ga teng. U holda $P_D = c_1 \cdot f_{st}^D$ tenglikdan quyidagi natija kelib chiqadi:

$$c_1 = \frac{P_D}{f_{st}^D} = \frac{m_D g}{f_{st}^D} = \frac{5 \cdot 9.8}{0.02} = 2450 \ N/m$$

Prujinalar parallel ulangani uchun ekvivalent prujina bikrligi

$$c = 2c_1 = 4900 \ N/m$$

(*2.8) tenglamadan k ni hisoblaymiz:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m_D + m_E}} = \sqrt{\frac{4900}{10}} = 22{,}3s^{-1}$$

Demak, $n < k$ bo‘lib, kichik qarshiliklar bo‘lgan holi bo‘lib, (*2.9) differensial tenglamaning berilgan boshlang‘ich shartlarni qanoatlantiruvchi yechimi (*2.10) tenglama bilan ifodalanadi:

$$x = e^{-nt}\left(x_0 \cos\sqrt{k^2 - n^2}\,t + \frac{n x_0 + v_0}{\sqrt{k^2 - n^2}} \sin\sqrt{k^2 - n^2}\,t\right) \qquad (*2.10)$$

(*6.10) tenglamaga tegishli hisoblashlarni bajaramiz:

$$x_0 = -f_{st}^E = -\frac{m_E g}{c} = -\frac{5 \cdot 9{,}8}{4900} = -0.01(m);$$

$$\sqrt{k^2 - n^2} = \sqrt{481} = 21{,}93s^{-1}; \qquad (*2.11)$$

$$\frac{nx_0 + v_0}{\sqrt{k^2 - n^2}} = \frac{-3 \cdot 0{,}01}{21{,}93} = -0{,}0014\ (m)$$

(*2.11) qiymatlarni (*2.10) ga qo‘yib, D va E yuklarning birgalikdagi harakat qonunini aniqlaymiz:

$$x = -e^{-3t}(0{,}01\cos 21{,}93t + 0{,}0014\sin 21{,}93t)(m)$$

Shunday qilib, yuklar so‘nuvchi tebranma harakat qilar ekan.

***3-masala.**

Ketma-ket ulangan, bikirliklari c_1 va c_2 bo‘lgan deformatsiyalanmagan prujinalarning B uchi qo‘zg‘almas bo‘lib, uning A uchiga D yuk biriktirilgan (14 a -shakl). Shu paytda pruji-naning B uchi qiya tekislik bo‘ylab $\xi = 2\sin 5t(sm)$ qonunga ko‘ra harakatlana boshlaydi. Yukning statik holatini koordinata boshi deb olib, uning harakat qonuni aniqlansin. Quyidagilar berilgan:

$m_D = m = 2kg$; $c_1 = 12\,N/sm$; $c_2 = 8\,N/sm$ $\alpha = 30^0$.

Yechish:

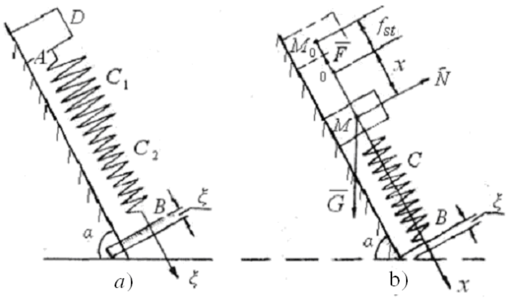
Ketma-ket ulangan prujinalarni ularga ekvivalent prujina bilan almashtiramiz. Ekvivalent prujina bikirligi

$$c = \frac{c_1c_2}{c_1 + c_2} = \frac{96}{20} = 4{,}8\,N/sm = 480\ N/m \qquad (*3.1)$$

Koordinata o‘qini masala shartiga muvofiq ravishda o‘tkazamiz (14b -shakl).

D yukni M nuqtaga olamiz. M nuqtaga D yukning og‘irlik kuchi $\overline{G}$, prujinaning elastiklik kuchi $\overline{F}$ ta’sir etadi. Boshlang‘ich shartlar quyidagidan iborat:

$$t = 0,\ x = x_0 = -f_{st},\ v = v_0 = 0. \qquad (*3.2)$$



14-shakl

$$\sum F_{ix} = G\sin\alpha - F \qquad (*3.3)$$

(*3.3) tenglamani e’tiborga olib, M nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = G\sin\alpha - F \qquad (*3.4)$$

Bunda :

$$F = cf = c(f_{st} + x - \xi);\ G\sin\alpha = c\cdot f_{st};\ \xi = 0{,}02\sin 5t. \quad (*3.5)$$

ga teng. Qiymatlarni tenglamaga olib borib qo‘ysak, (*3.4) differensial tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -cx + c\cdot 0{,}02\sin 5t. \qquad (*3.6)$$

(*3.6) tenglamani hadma-had m ga bo‘lsak, quyidagi tenglama hosil bo‘ladi:

$$\frac{d^2x}{d\,t^2} = -\frac{c}{m}x + \frac{c}{m}0{,}02\sin 5t \qquad (*3.7)$$

Belgilashlarni kiritamiz:

$$k^2 = \frac{c}{m};\ \ h = \frac{0{,}02\cdot c}{m};\quad p = 5\,s^{-1}. \qquad (*3.8)$$

Natijada differensial tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2x = h\sin pt \qquad (*3.9)$$

Bu tenglama yechimini yozishdan avval k va r ni taqqoslaymiz:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{480}{2}} = 15{,}6\,s^{-1}. \qquad (*3.10)$$

Shunday qilib, $k>p$ ekan. Demak, (*7.9) tenglama yechimi quyidagicha ifodalanadi:

$$x = x_0\cos kt + \frac{\vartheta_0}{k}\sin kt - \frac{ph}{k(k^2 - p^2)}\sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2}\sin pt. \qquad (*3.11)$$

(*3.11) tenglamaga tegishli hisoblarni bajaramiz:

$$x_0 = -f_{st} = -\frac{mg\sin\alpha}{c} = -\frac{2\cdot 9{,}8\cdot 0{,}5}{480} = -0{,}02\ (m)$$

$$h = \frac{0{,}02\,c}{m} = \frac{0{,}02\cdot 480}{2} = 4{,}8\ m/s^2$$

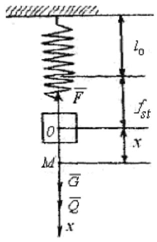
$$\frac{h}{k^2-p^2}=\frac{4,8}{240-25}=0,02(m);$$
$$\frac{p}{k}\cdot\frac{h}{k^2-p^2}=\frac{5}{15,6}\cdot 0.02=0.0064(m)$$
Bu qiymatlarni (*3.11) tenglamaga qo‘yib, *D* yukning harakat qonunini hosil qilamiz:
$$x=-0.02\cos 15,6t-0.0064\sin 15,6t+0.02\sin 5t(m) \quad (*3.12)$$
(*3.12) tenglamaga asosan *D* yukning harakati majburiy tebranma harakatdan iborat.

***4 -masala.**

Bikirligi $c=1600N/m$ bo‘lgan prujinaga osilgan, massasi $m=1kg$ bo‘lgan *M* yuk $Q=100\sin 40t(N)$ uyg‘otuvchi kuch ta‘sirida tebranma harakat qiladi. Yukni moddiy nuqta deb hisoblab, uning majburiy tebranishi aniqlansin. Koordinata boshi uchun yukning statik muvozanat holati olinsin (15-shakl).

Yechish:

Koordinata o‘qini masala shartiga mos tanlaymiz. Moddiy nuqtaga *M* yukning og‘irlik kuchi $\overline{G}$, prujina elastiklik kuchi $\overline{F}$, uyg‘otuvchi kuch $\overline{Q}$ ta’sir qiladi. Yukning faqat majburiy tebranishini aniqlash lozim bo‘lgani uchun boshlang‘ich shartlar aniqlanmaydi (prujinaning tabiiy uzunligini l_0 deb ko‘rsatamiz).



15-shakl

Yukning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:
$$m\frac{d^2x}{dt^2}=\sum F_{kx}$$
Bu yerda : $\sum F_{kx}=G+F+Q$ ga teng.

Differensial tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:
$$m\frac{d^2x}{dt^2}=G+F+Q \quad (*4.1)$$
Bu yerda: $F=c(f_{st}+x)$, $G=cf_{st}$, $Q=100\sin 40t$ ekanligini e’tiborga olsak, (*8.1) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:
$$m\frac{d^2x}{dt^2}=-cx+100\sin 40t \quad (*4.2)$$
Belgilashlarni kiritamiz:
$$k^2=\frac{c}{m};\ h=\frac{100}{m};\ p=40\ s^{-1}.$$
U holda :
$$\frac{d^2x}{dt^2}+k^2x=h\sin pt \quad (*4.3)$$
differensial tenglama hosil bo‘ldi.

k va *r* larning qiymatlarini hisoblab taqqoslaymiz:
$$k=\sqrt{\frac{c}{m}}=\sqrt{\frac{1600}{1}}=40\,s^{-1} \quad (*4.4)$$
Demak, $k=p$ bo‘lib, rezonans holi kelib chiqadi:

(*4.3) tenglamaning majburiy tebranishlar yechimi:

$$x = -\frac{h}{2k} t \cos kt. \qquad (*4.5)$$

ko‘rinishda ifodalanadi. Bunda:

$$\frac{h}{2k} = \frac{100}{80} = 1{,}25 \ m/s \qquad (*4.6)$$

(*4.6) va (*4.4) qiymatlarni (*4.5) tenglamaga qo‘ysak, majburiy tebranish qonuni kelib chiqadi, ya’ni:

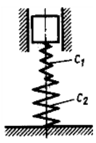
$$x = -1{,}25\, t \cos 40t\,(m).$$

Takrorlash uchun savollar

1. Erkin tebranma harakat qanday kuch ta’sirida sodir bo‘ladi?
2. Erkin tebranma harakat differensial tenglamasi qanday ifodala- nadi?
3. Erkin tebranma harakat qonuni qanday ifodalanadi?
4. Erkin tebranma harakat davri, amplitudasi, boshlang‘ich fazasi qanday ifodalanadi?
5. So‘nuvchi tebranma harakat qanday kuchlar ta‘sirida sodir bo‘ladi?
6. So‘nuvchi tebranma harakat differensial tenglamasining yechimlari nechta ko‘rinishda ifodalanadi?
7. So‘nish dekrementini tushuntiring.
8. So‘nuvchi tebranma harakat davri, amplitudasi, boshlang‘ich fazasi qanday ifodalanadi?
9. Majburiy tebranma harakat qanday kuchlar ta‘sirida sodir bo‘ladi?
10. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi qanday ifodalanadi?
11. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi yechimi qanday ko‘rinishda ifodalanadi?
12. Rezonans qachon ro‘y beradi?
13. Muhit qarshiligi bo‘lgan holda majburiy tebranma harakat qanday kuchlar ta‘sirida sodir bo‘ladi?
14. Muhit qarshiligi bo‘lgan hol uchun majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi qanday ifodalanadi?
15. Muhit qarshiligi bo‘lgan hol uchun majburiy tebranma harakat differensial tenglamasi yechimi qanday ko‘rinishda ifodalanadi?
16. Parallel va ketma-ket ulangan prujinalarga ekvivalent prujina bikirligi qanday formula bilan aniqlanadi?

Mavzuni mustahkamlash uchun mustaqil yechiladigan masalalar

1. Ketma-ket ulangan, bikirlik koeffitsientlari mos ravishda $c_1 = 2\,N/sm$, $c_2 = 18\,N/sm$ bo‘lgan prujinalarga ekvivalent prujinaning bikirlik koeffitsientini hisoblang. (1,8 N/sm)



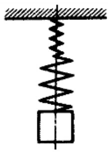
2. Massasi $m = 10\,kg$ bo‘lgan jism prujinaga osilgan holda davri $T = 0.8\,s$ ga teng vertikal

erkin tebranma harakat qiladi. Prujinaning bikirlik koeffitsientini toping. (617 N/m)

3. Massasi $m=0{,}5kg$ li yuk prujinaga osilgan holda $\ddot{y}+60y=0$ tenglama bo‘yicha tebranma harakat qiladi. Prujina- ning bikirlik koeffitsientini toping. (30 N/m)

4. Bikirlik koeffitsienti $c=150N/m$ bo‘lgan vertikal prujinaga osilgan yuk $\ddot{x}+20x=0$ tenglama bo‘yicha tebranma harakat qilsa, yukning massasini toping. (7,5)

5. Massasi $m=10kg$ bo‘lgan yuk ketma-ket ulangan ikkita prujinaga osilgan bo‘lib, keltirilgan bikirlik koeffitsienti $c=3.6N/m$ bo‘lsa, erkin tebranishlarning chastotasini toping. (0,955 rad/s)



6. Massasi $m=2kg$ bo‘lgan yuk bikirlik koeffitsienti $c=30N/m$ bo‘lgan prujinaga mahkamlangan va statik muvozanat holatidan harakatga keltirilgan. Agar qarshilik kuchi $R=-0.1v\,(N)$ bo‘lsa, yukning harakati tebranma harakat bo‘la oladimi? (Ha)

7. Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasi $2\ddot{x}+\mu\dot{x}+50x=0$ bo‘lsa, tebranma harakat nodavriy (aperiodik) bo‘lishi uchun muhit qarshiligi koeffitsienti μ ning minimal qiymati qancha bo‘lishi lozim? (20)

8. Moddiy nuqta harakat differensial tenglamasi $\ddot{x}+5\dot{x}+5x=0$ bo‘lsa, uning harakati tebranma harakat bo‘la oladimi? (Y o‘q)

9. Moddiy nuqta tebranma harakat differensial tenglamasi $\ddot{x}+6\dot{x}+50x=0$ bo‘lsa, so‘nuvchi tebranish davrini hisoblang. (0,981 s)

10. Moddiy nuqta tebranma harakatining differensial teng -lamasi $5\ddot{x}+320x=90\sin 7t$ bo‘lsa, erkin tebranishlarning chasto- tasini hisoblang. (8 rad/s)

11. Moddiy nuqta tebranma harakatining differensial tengla -masi $\ddot{x}+10x=1.5\sin(5t+0.4)$ berilgan. Uyg‘otuvchi kuchning maksimal qiymati $F_0=60(N)$ bo‘lsa, nuqtaning massasini toping. (40 *kg*)

12. Massasi $m=5kg$ bo‘lgan jism prujinaga osilgan holda differensial tenglamasi $\ddot{x}+6\dot{x}+40x=5\sin 15t$ bilan ifodalanuv- chi tebranma harakatda bo‘lsa, prujinaning bikirlik koeffitsientini toping. (200 N/m)

13. Prujinaga osilgan, massasi $m=50\,kg$ bo‘lgan jismga vertikal yo‘nalgan $F=200\sin 10t$ uyg‘otuvchi kuch ta‘sir etib, majburiy tebranishlar amplitudasi 0,04 bo‘lsa, prujinaning bikirlik koeffitsienti c ni aniqlang. (10 kN/m)

14. Jism vertikal tebranishlarining differensial tenglamasi $\ddot{x}+16x=20\sin(6t+0.7)$ ko‘rinishda bo‘lsa, prujinaning bikirlik koeffitsienti c (N/m) ni toping. Uyg‘otuvchi kuchning maksimal qiymati $F_0=80(N)$ deb olinsin. (64 N/m)

Hisob-grafik ishlarini bajarish uchun topshiriqlar

1–5-вариантлар

Massasi m_D bo‘lgan D yukning (2 va 4 variantlar) yoki massalari m_D va m_E bo‘lgan D va E yuklar sistemasining (1,3 va 5 variantlar) x o‘qiga nisbatan harakat tenglamasi aniqlansin. Canoq boshi D yukning yoki D va E yuklarning statik muvozanat holatida olinsin. Yuklarni birlashtiruvchi sterjenning og‘irligi hisobga olinmasin va deformatsiyalanmaydi deb hisoblansin.

1-variant. Har birining bikirlik koeffitsientlari $c = 3\,N/sm$ va o‘zaro parallel bo‘lgan ikkita prujinaga AB taxtacha biriktirilgan va taxtachaga D ($m_D = 2\,kg$) yuk osilgan. D yukning osilish nuqtasi prujinalar o‘qlarigacha bo‘lgan masofalarni teng ikkiga bo‘ladi.

Ma’lum vaqtdan boshlab D yukka ($m_E = 1\,kg$) yuk biriktirilishi bilan yuklarning harakatiga tezlikning birinchi dara- jasiga proporsional bo‘lgan $R = 12v(N)$ kuch ta’sir etadi, bunda v – tezlik (m/s).

AB mutlaq qattiq taxtacha va taxtachaga mahkamlangan dempfer qismlarining massalari hisobga olinmasin.

2-variant. Ma’lum vaqtda D ($m_D = 0{,}8\,kg$) va E ($m_E = 2\,kg$) yuklarni birlashtiruvchi sterjen qirqib yuboriladi. Shu vaqtdan boshlab ketma-ket ulangan bikirliklari $c_1 = 12\,N/sm$, $c_2 = 36\,N/sm$ bo‘lgan prujinalarining B uchi $\xi = 1{,}5\sin 18t\ sm$ (ξ o‘q vertikal pastga yo‘nalgan) qonuniga ko‘ra harakatga keladi.

3-variant. Bikirligi $c_1 = 10\,N/sm$ bo‘lgan prujinaga D ($m_D = 0{,}8\,kg$) yuk osilgan. Prujina esa AB taxtachaning F nuqtasiga mustahkamlangan. AB taxtacha bikirliklari $c_2 = 4\,N/sm$, $c_2 = 6\,N/sm$ va o‘zaro parallel bo‘lgan ikkita prujinaga osilgan. F nuqta prujinalar orasidagi masofa $a/b = c_3/c_2$ nisbatda bo‘ladi. Ma’lum paytdan boshlab D yukka E ($m_E = 1{,}2\,kg$) yuk ulanib, yuklar sistemasiga $v_0 = 2\,m/s$ boshlang‘ich tezlik beriladi.

AB mutlaq qattiq taxtachaning massasi hisobga olinmasin.

4-variant. O‘zaro parallel ikkita bir xil prujinalarning D ($m_D = 0{,}5\,kg$) va E ($m_E = 1{,}5\,kg$) yuklar ta’sirida olgan statik deformatsiyasi $f_{st} = 4\,sm$. Yuklar prujinalarga AB mutlaq qattiq taxtacha yordamida osilgan. Ma’lum paytda D va E yuklarni birlashtiruvchi sterjen qirqib tashlanadi, shu paytdan boshlab D yukning harakatiga uning tezligiga proporsional bo‘lgan $R = 6v(N)$ kuch ta’sir etadi, bu yerda: v – tezlik (m/s).

Taxtachaning va taxtachaga mahkamlangan dempfer qismlarining massalari hisobga olinmasin.

5-variant. Bikirligi $c = 4\,N/sm$ bo‘lgan prujinaga osilgan D ($m_D = 1{,}6\,kg$) yukka E ($m_E = 2{,}4\,kg$) yuk ulanishi bilan prujina -ning yuqori B nuqtasi $\xi = 2\sin 5t\ (sm)$ qonuniga ko‘ra harakat- lanadi (ξ o‘q vertikal pastga yo‘nalgan).

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

6 –10-variantlar

Gorizont bilan α burchak tashkil qiluvchi va silliq qiya tekislikda prujinaga yoki prujinalar sistemasiga m_D massali D yukning urilishidan boshlab uning x o‘qqa nisbatan harakat teng- lamasi aniqlansin. Yukning keyingi harakatida u prujinadan ajralmaydi deb qaralsin.

Koordinataning boshini yukning muvo- zanat holatida – prujinalarning statik deformatsiyasiga mos holatda olinsin.

6-variant. D ($m_D = 4\,kg$) yuk gorizont bilan $\alpha = 30^0$ burchak tashkil qiluvchi qiya tekislik bo‘ylab boshlang‘ich tez- liksiz $s = 0{,}1\,m$ masofani o‘tib, deformatsiyalanmagan va bikirlik koeffitsientlari $c_1 = 48\,N/sm,\ c_2 = 24\,N/sm$ bo‘lgan o‘zaro ketma-ket ulangan prujinalarga uriladi.

7-variant. Ma’lum vaqt onida D ($m_D = 2\,kg$) yuk boshlan- g‘ich tezliksiz, deformatsialanmagan, bikirliklari $c_1 = 12\,N/sm$, $c_2 = 6\,N/sm$ bo‘lgan o‘zaro ketma-ket ulangan prujinalarning A uchiga biriktiriladi. Xuddi shu paytda $(t = 0)$ prujinalarning ikkinchi B uchi gorizont bilan $\alpha = 45^0$ burchak tashkil etuvchi qiya tekislik bo‘ylab $\xi = 0{,}02\sin\,20\,t\ (m)$ qonuniga ko‘ra harakat- lana boshlaydi (ξ o‘q vertikal pastga yo‘nalgan).

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

8-variant. AB mutlaq qattiq taxtachaga bikirliklari $c_1 = 4\,N/sm,\ c_2 = 6\,N/sm$ va o‘zaro parallel ikkita prujina biriktirilgan. Taxtachaning K nuqtasiga bikirligi $c_3 = 15\,N/sm$ bo‘lgan uchinchi prujina mahkamlangan. K nuqta 1 va 2-pruji- nalar orasidagi masofa $a/b = c_1/c_2$ nisbatda bo‘ladi. Boshlang‘ich paytda 1,2 va 3-prujinalar deformatsiyalanmagan; massasi D yukni uchinchi prujinaning N nuqtasiga biriktirib, unga qiya tekislikka parallel ravishda pastga yo‘nalgan $v_0 = 0{,}5\,m/s$ tezlik beriladi $(\alpha = 45^0\ )$.

AB taxtachaning massasi hisobga olinmasin.

9-variant. D ($m_D = 1{,}2\,kg$) yuk qiya tekislik ($\alpha = 30^0$) bo‘ylab, boshlang’ich tezliksiz $s = 0{,}2\,m$ masofani o‘tib, bikirligi $c\ = 4{,}8\,N/sm$ bo‘lgan, deformatsiyalanmagan prujinaga uriladi. Shu paytdan boshlab *(t = 0)* prujinaning B uchi qiya tekislik bo‘ylab $\xi = 0{,}03\sin\,12\,t\ (m)$ qonuniga ko‘ra harakatga keladi
(ξ o‘qi qiya tekislik bo‘ylab pastga yo‘nalgan).

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati B nuqta- ning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

10-variant. O‘zaro parallel ikkita bir xil deformatsiyalanma- gan prujinalar uchlarini birlashtiruvchi AB taxtachaning F nuqta- siga D ($m_D = 1\,kg$) yukka boshlang‘ich tezlik bermay ulanadi. Yukning harakatiga $R = 8\,v(N)$ qarshilik kuchi ta’sir qiladi, bunda v – tezlik (m/s), $\alpha = 60^0$. Prujinalarning bikirliklari $c\ = 1{,}5\,N/sm$.

AB taxtacha va dempfer qismlarining massalari hisobga olinmasin.

11–15-variantlar

Gorizontal tekislikda E nuqtadan o‘tuvchi o‘q atrofida aylana oladigan vaznsiz DE sterjenga massasi m_D bo‘lgan D yuk mahkamlangan. Yuk bitta yoki prujinalar sistemasiga ulangan; sterjenning chizmadagi tinch holati prujinalarning deformatsiya- lanmagan holatiga mos keladi.

Moddiy nuqta deb qaraluvchi D yukning harakatini to‘g’ri chiziqli hisoblab, uning x o‘qi bo‘yicha harakat qonuni aniqlansin (yuk bilan tekislik orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin). Yukning tinch holatidagi o‘rni koordinata boshi qilib olinsin.

11-variant. Bikirliklari $c_1 = 1 N/sm, c_2 = 1{,}4 N/sm$, bo‘lgan ikkita parallel prujinalarni tutashtiruvchi AB taxtachaning F nuqtasiga D ($m_D = 2{,}4\ kg$) yuk ulangan. F nuqta prujinalar ora- sidagi masofa $a/b = c_1/c_2$ nisbatda bo‘ladi. D yukni rasmda ko‘rsatilgan holatidan chapga $\lambda = 2\ sm$ masofaga og‘dirib, bosh- lang‘ich tezliksiz qo‘yib yuboriladi. Shu paytda yukka uning tezligiga proporsional bo‘lgan $R = 6v(N)$ kuch ta’sir etadi, bu yerda: v – tezlik (m/s).

AB mutlaq qattiq taxtacha va taxtachaga mahkamlangan dempfer qismlarining massalari hisobga olinmasin.

12-variant. Ma’lum vaqtda D ($m_D = 3\ kg$) yuk ulangan prujinani $\lambda = 2\ sm$ masofaga siqib, boshlang‘ich tezliksiz qo‘yib yuboriladi. Prujinaning bikirligi $c = 9 N/sm$. Shu vaqtda $(t = 0)$ prujinanin bir uchi $\xi = 1{,}2 \sin 8t\ (sm)$ qonuniga ko‘ra harakatlanadi (ξ o‘qi gorizontal bo‘ylab chapga yo‘nalgan).

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati B nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

13-variant. D ($m_D = 1\ kg$) yuk bikirligi $c_1 = 12 N/sm$ bo‘lgan prujina uchiga ulangan bo‘lib, prujinaning ikkinchi uchi- ga ulangan AB taxtacha esa bikirliklari $c = 13 N/sm$ bo‘lgan o‘zaro parallel yo‘nalgan ikkita prujinalarni birlashtiradi.

Sterjenning rasmda ko‘rsatilgan holatida D yukka gorizontal bo‘ylab o‘ngga yo‘nalgan $v_0 = 0{,}5 m/s$ tezlik beriladi.

Yukning harakatiga tezlikka proporsional $R = 12v(N)$ qarshilik kuchi ta’sir qiladi, bunda: v – tezlik (m/s).

Dempferning D yuk bilan bog‘lovchi surilgichi vaznsiz AB taxtachadagi teshik orqali o‘tkazilgan.

14-variant. D $m_D = 1{,}5\ kg$ yuk bir tomondan, bikirligi $c_1 = 4{,}4 N/sm$ bo‘lgan prujinaga, ikkinchi tomondan, bikirliklari $c_2 = 2 N/sm$, $c_3 = 8 N/sm$ bo‘lgan va ketma-ket ulangan pruji- nalarga biriktirilgan. Yuk rasmda tasvirlangan holatidan chapga $\lambda = 2{,}5\ sm$ masofaga og‘dirilib, o‘ng tomonga yo‘nalgan $v_0 = 0{,}4 m/s$ boshlang‘ich tezlik bilan qo‘yib yuboriladi.

15-variant. D $m_D = 1\ kg$ yuk bikirliklari $c_1 = 4 N/sm$, $c_2 = 12 N/sm$ bo‘lgan va ketma-ket ulangan prujinalarga birikti- rilgan. Prujinalarning B uchi $\xi = 1{,}8 \sin 12t\ (sm)$ qonunga ko‘ra harakatlanadi (ξ o‘qi chapga yo‘nalgan). $t = 0$ da yuk tinch holatda bo‘lib, prujinalar deformatsiyalanmagan.

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

16 –20-variantlar

Massasi m_D bo‘lgan D yukning (17,19-variantlar) yoki massalari m_D va m_E bo‘lgan D va E yuklardan iborat sistemaning (16,18, 20-variantlar) x o‘qiga nisbatan harakat tenglamasi tuzilsin. D yukning yoki D va E yuklardan iborat i sistemaning statik muvozanat holatini koordinata boshi deb qabul qilinsin. D va E yuklar birgalikda harakat qiladi deb hisoblansin.

16-variant. Bikirligi $c_1 = 200 N/sm$ bo‘lgan 1-prujinaning bir uchiga massasi $m_D = 10 kg$ bo‘lgan *D* yuk o‘rnatilgan; 1-prujinaning ikkinchi uchiga esa, bikirliklari $c_2 = 160 N/sm$, $c_3 = 140\ N/sm$ bo‘lgan va o‘zaro parallel yo‘nalgan 2 va 3- prujinalarning uchlarini birlashtiruvchi AB taxtacha *F* nuqtada tiralib turadi. *F* nuqta 2 va 3- prujina o‘qlaridan *a* va *b* masofada joylashgan bo‘lib, $a/b = c_3/c_2$ nisbat o‘rinlidir.

Ma’lum paytda *D* yuk ustiga massasi $m_E = 20 kg$ bo‘lgan *E* yuk o‘rnatilib, yuklar sistemasiga vertikal pastga yo‘nalgan $v_0 = 0{,}4 m/s$ boshlang‘ich tezlik beriladi. AB mutlaq qattiq taxtachaning massasi hisobga olinmasin.

17-variant. Ma’lum paytda *D* yuk ustidan *E* yuk olinadi. Ikkala yuk prujinaning statik deformatsiyasiga mos keluvchi tinch holatda turadi.

Prujinaga o‘rnatilgan *D* va *E* yuklarning xususiy tebranishlarining doiraviy takroriyligi $k = 20 rad/s$ ga teng bo‘lib, massalarining nisbati $m_D/m_E = 2/3$ ga teng.

18-variant. O‘zaro parallel yo‘nalgan ikkita bir xil prujina biriktirilgan taxtachaga massasi $m_D = 20 kg$ bo‘lgan *D* yuk qo‘yilgan. *D* yuk ta’siridan har bir prujinaning olgan statik deformatsiyasi $f_{st} = 2 sm$ ga teng. Ma’lum paytda *D* yuk ustiga massasi $m_E = 10 kg$ bo‘lgan *E* yuk o‘rnatiladi.

Yuklar harakatiga ularning tezligining birinchi darajasiga to‘g‘ri proporsional bo‘lgan qarshilik kuchi ta’sir etadi: $R = 60\sqrt{3}\, v(N)$.

AB taxtacha va dempfer qismlarining massalari hisobga olinmasin.

19-variant. Bikirliklari $c_1 = 250 N/sm$, $c_2 = 375 N/sm$ bo‘lgan ketma-ket ulangan prujinalarning ustki uchiga massalari $m_D = 15 kg, m_E = 25 kg$ bo‘lgan *D* va *E* yuklar qo‘yilgan. *E* yuk olinishi bilan prujinalarning ikkinchi uchi tiralgan *B* nuqtasi $\xi = 0{,}5 \sin 30t\ (sm)$ qonuniga ko‘ra harakatlanadi (ξ o‘qi vertikal pastga yo‘nalgan).

Eslatma: *x* o‘qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

20-variant. Prujinaning statik deformatsiyasiga mos ravishda tinch turgan *D* yukka ma’lum paytda *E* yuk qo‘yilib, yuklar sistemasiga vertikal pastga yo‘nalgan $v_0 = 0{,}3 m/s$ tezlik beriladi. Prujinaga o‘rnatilgan *D* yuk xususiy tebranishining doiraviy takroriyligi $k_D = 24 rad/s$, *D* va *E* yuklar massalari nisbati quyidagicha: $m_D/m_E = 3$

21–25-variantlar

Gorizont bilan α burchak tashkil etuvchi silliq qiya tekisliik bo‘ylab harakat qiluvchi, massasi m bo‘lgan yukning *x* o‘qi bo‘ylab harakat tenglamasi tuzilsin. Yukning statik muvozanat holati koordinata boshi deb qabul qilinsin.

21-variant. Massasi $m = 2 kg$ bo‘lgan *D* yuk ma’lum paytda bikirliklari $c_1 = 7 N/sm$, $c_2 = 3 N/sm$ ga teng bo‘lgan cho‘zilmagan prujinalar orasiga ulanadi (prujinalarning ikkinchi uchlari qo‘zg’almas). Shu paytda yukka qiya tekislik ($\alpha = 45^0$) bo‘ylab pastga yo‘nalgan $v_0 = 0{,}4 m/s$ tezlik beriladi.

22-variant. *D* yuk statik deformatsiyasi $f_{st} = 2 sm$ bo‘lgan prujinaga osilgan bo‘lib, qiya tekislikda (α =*30*°) turadi. Ma’lum paytda (*t=0*) *B* nuqta (prujinaning yuqori uchi)

$\xi = 0{,}01\sin 10t\ (m)$ qonuni bo‘yicha (ξ o‘q qiya tekislik bo‘ylab pastga yo‘nalgan) harakat qila boshlaydi.

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

23-variant. O‘zaro parallel, cho‘zilmagan ikkita prujinalar uchlarini birlashtiruvchi AB taxtachaning F nuqtasiga massasi $m = 3\,kg$ bo‘lgan D yuk mahkamlanib, boshlang‘ich tezliksiz qo‘yib yuborilgan. Bikirligi $c_1 = 2\,N/sm$, $c_2 = 4\,N/sm$, F nuqta prujinalar o‘qlaridan a va b masofada $a/b = c_2/c_1$ munosabatga ko‘ra joylashgan.

Yuk harakatiga uning tezligiga proporsional bo‘lgan $R = 12v(N)$ qarshilik kuchi ta’sir qiladi, bunda: v – tezlik (m/s).

AB taxtacha va dempferning massalari hisobga olinmasin. $\alpha = 60^0$ ga teng.

24-variant. Ma’lum paytda bikirliklari $c_1 = 12\,N/sm$, $c_2 = 4\,N/sm$ bo‘lgan ketma-ket ulangan va cho‘zilmagan prujinalarning A uchi- ga massasi $m = 1\,kg$ bo‘lgan D yuk ulanib, boshlang‘ich tezliksiz qo‘yib yuboriladi. Shu paytda ($t = 0$) prujinaning ikkinchi B uchi $\xi = 1{,}5\sin 10t\ (sm)$ qonuni bo‘yicha harakat qiladi. ξ o‘q qiya tekislik ($\alpha = 30^0$) bo‘ylab pastga yo‘nalgan.

Eslatma: x o‘qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o‘rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

25-variant. O‘zaro parallel ikkita bir xil prujinaning uchlarini AB taxtacha birlashtirgan. Taxtachaga qiya tekislik bo‘ylab ($\alpha = 30^0$) harakatlanuvchi $m = 1{,}5\,kg$ massali D yuk ulangan.

D yuk ta’sirida har bir prujinaning statik deformatsiyasi $f_{st} = 4{,}9\,sm$. Ma’lum paytda D yukka qiya tekislik bo‘ylab yuqori tomon $v_0 = 0{,}3\,m/s$ tezlik beriladi.

Yuk harakatiga uning tezligiga proporsional $R = 6v(N)$ qarshilik kuchi ta’sir qiladi, bunda: v – tezlik (m/s).

AB mutlaq taxtacha va unga ulangan dempfer qismlarining massalari hisobga olinmasin.

26 – 30- variantlar

Plitaning massasini hisobga olmay va uni mutlaq qattiq deb qarab, massasi *m* bo‘lgan D yuk plitaga kelib urilgandan keyin uning plita bilan birgalikdagi harakat tenglamasi tuzilsin.

Yukning harakati koordinata boshi yukning statik muvozanat holatida olingan x o‘qqa nisbatan aniqlansin.

26-variant. Plita bikirliklari $c_1 = 600\,N/sm$, $c_2 = 400\,N/sm$ bo‘lgan o‘zaro parallel prujinalarga o‘rnatilgan. Massasi $m = 50\,kg$ bo‘lgan D yuk $h = 0{,}1\,m$ balandlikdan boshlang‘ich tezliksiz tashlab yuborilganda plitaning F nuqtasiga kelib uriladi. F nuqta prujinalar o‘qidan a va b masofada joylashgan: $a/b = c_2/c_1$

27-variant. Bikirliklari bir xil $c = 130\,N/sm$ bo‘lgan o‘zaro parallel, deformatsiyalanmagan prujinalar ustidagi plitaning o‘rtasiga massasi $m = 40\,kg$ bo‘lgan D yuk joylashtirilib, boshlang‘ich tezliksiz qo‘yib yuboriladi. Yuk harakatiga ko‘rsatiladigan qarshilik kuchi uning tezligiga proporsional: $R = 400v(N)$, bunda: v – tezlik (m/s).

Plita va depmferlarning massalari hisobga olinmasin.

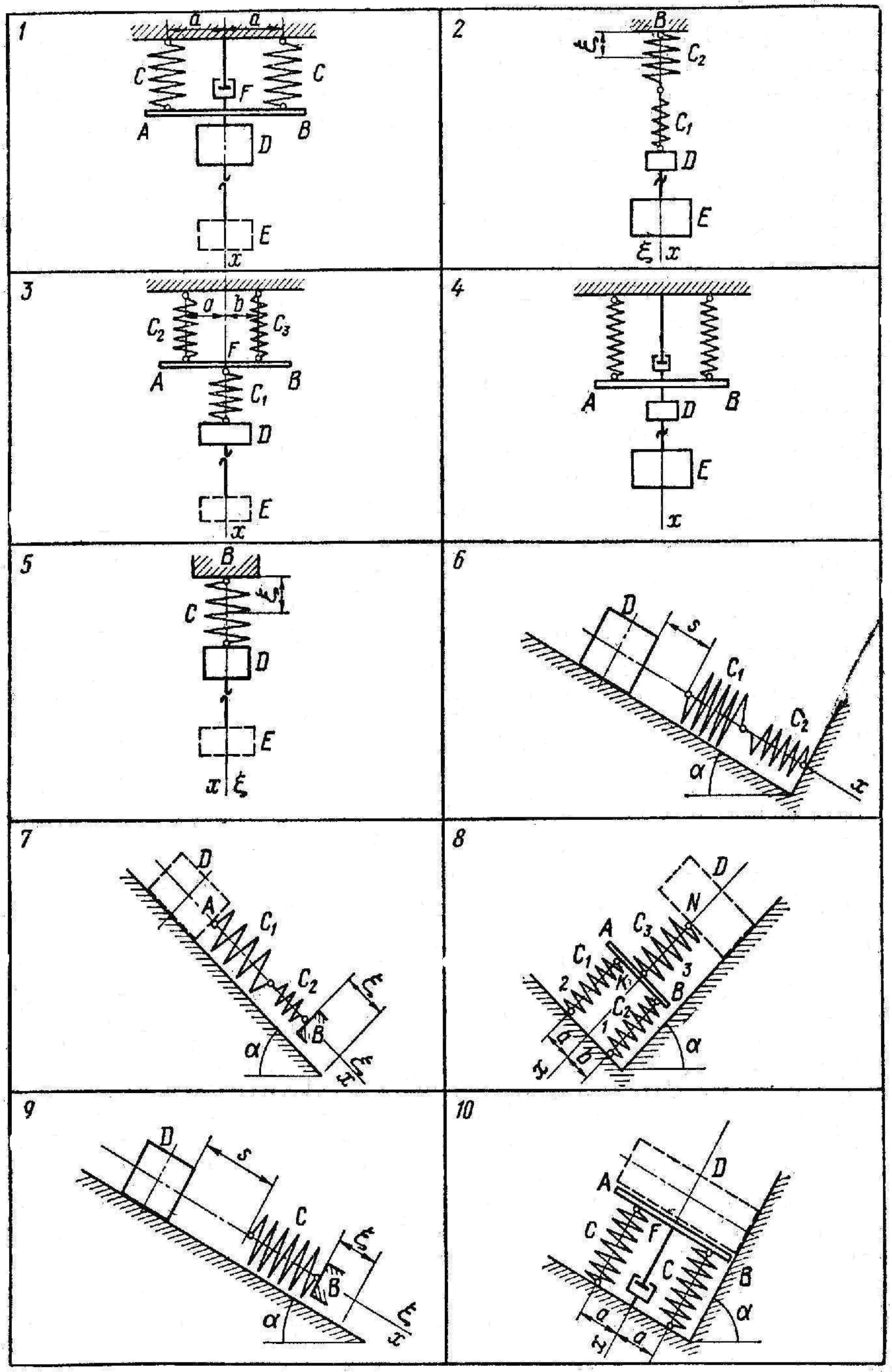
28-variant. D yuk $h = 5\ sm$ balandlikdan tushib, plitaga uriladi. Yuk ta'sirida prujinaning olgan statik deformatsiyasi $f_{st} = 1 sm$ ga teng.

29-variant. Bikirlikliri bir xil $c_1 = c_2 = c = 400\, N/sm$ bo'lgan 1 va 2-o'zaro parallel prujinalarga plita o'rnatilgan. Ma'lum paytda massasi $m = 200\ kg$ bo'lgan D yuk plita o'rtasiga biriktirilib, u bikirligi $c_3 = 200\ N/sm$ bo'lgan 3-prujinaga osiladi va yukka vertikal bo'ylab pastga yo'nalgan $v_0 = 0{,}6\, m/s$ tezlik beriladi.

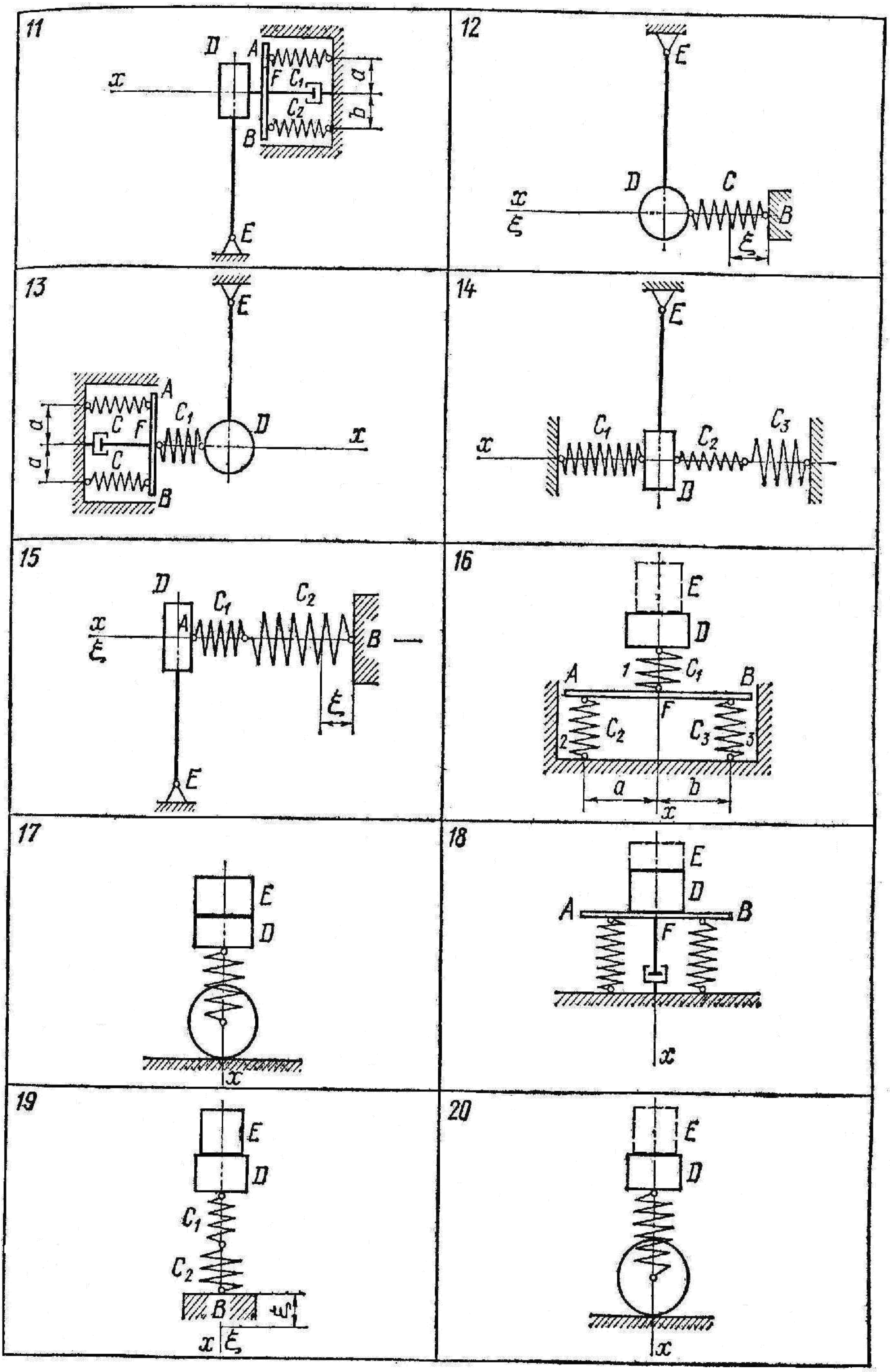
30-variant. Ma'lum paytda $m = 100\ kg$ massali D yuk bikirligi $c_3 = 200\ N/sm$ bo'lgan vertikal deformatsiyalanmagan prujinaga o'rnatilgan plitaga qo'yilgan. Xuddi shu paytda prujinaning pastki B uchi vertikal bo'ylab $\xi = 0{,}5 \sin 20t\ (sm)$ qonun bo'yicha (ξ o'qi vertikal bo'ylab pastga yo'nalgan) harakat qiladi.

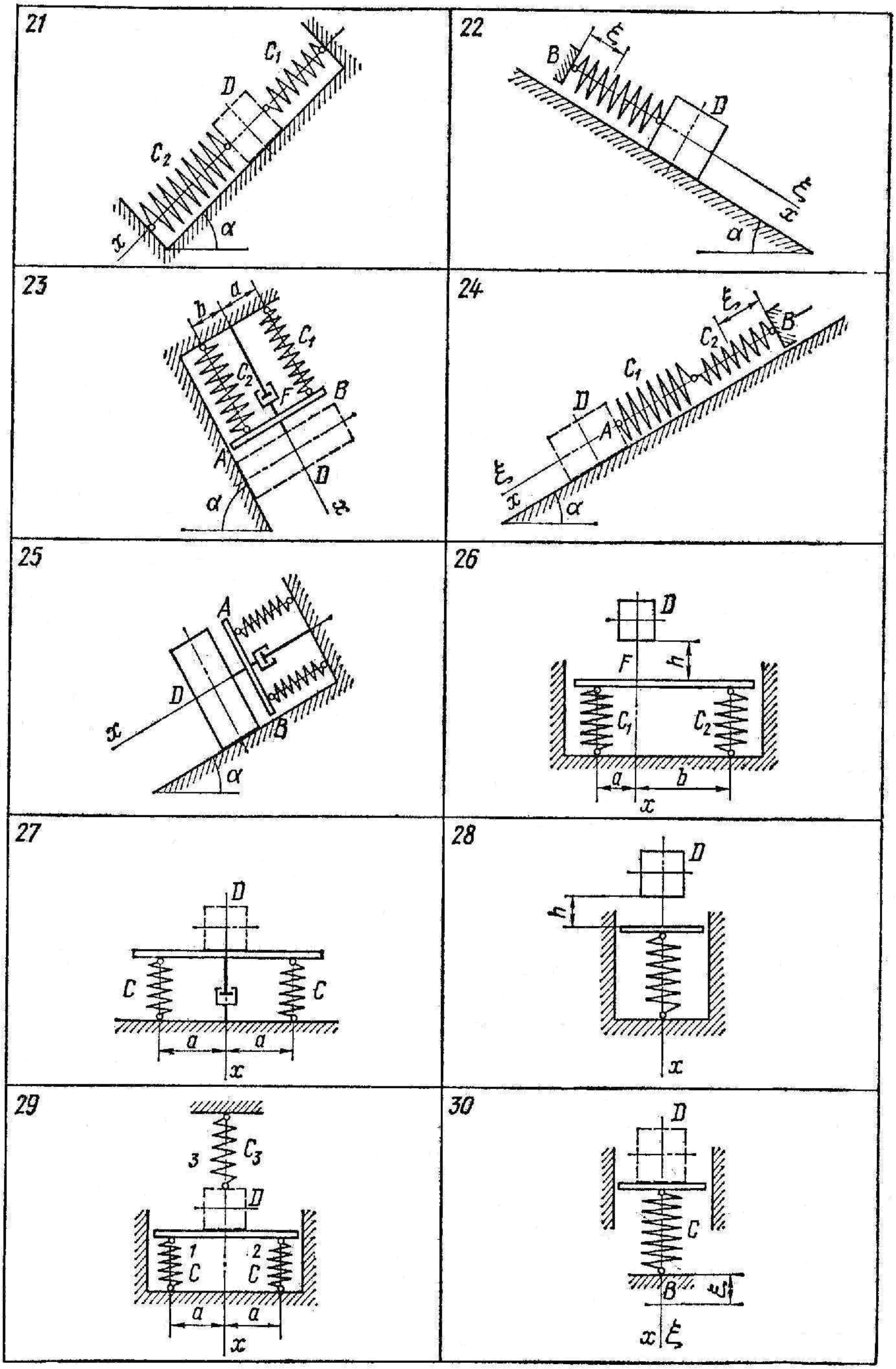
Eslatma: x o'qida olingan sanoq boshining holati nuqtaning o'rta holatiga ($\xi = 0$) mos keladi.

Quyidagi jadvallarda variantlarning chizmalari keltirilgan:



1
a a
C F C
A B
D
E
x
2
B
ξ
C2
C1
D
E
ξ x
3
a b
C2 C3
F
A B
C1
D
E
x
4
A D B
E
x
5
B
ξ
C
D
E
x ξ
6
D
s
C1
C2
α
x
7
D
A
C1
C2
ξ
B
α
x ξ
8
D
N
A C3
C1
2
K
3
B
C2
1
α
x a b
9
D
s
C
ξ
B
α
ξ
x
10
D
A
F
C
C
B
α
a
x a


11
D A F C1 C2 B E a b x
12
E D C B x ξ
13
E A C F C1 D B a x
14
E C1 C2 C3 D x
15
D A C1 C2 B E x ξ
16
E D A B 1 C1 F C2 C3 2 3 a b x
17
E D x
18
E D A B F x
19
E D C1 C2 B x ξ
20
E D x


21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Шохайдарова П. ва бошқ. Назарий механика. –Т.: "Œқитувчи", 1992.
2. Рашидов Т.Р. ва бошқ. Назарий механика асослари.–Т.: "Œқитувчи", 1991.
3. Habibullayeva X.N. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. (Dinamika), Toshkent, TDTU, 2010.
4. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами. –Т.: "Ўқитувчи", 1990.
5. Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А. Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами. –Т.: "Зиё-нашр", 2002.
6. Kepe O.E. va boshq. Nazariy mexanika fanidan qisqa masalalar to‘plami. –T.: "Yangi asr avlodi", 2008.
7. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Под редакцией А.А. Яблонского. –М.:"Высшая школа", 2002.
8. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. 2-е изд., Физматлит, 2001 321p. Russian djvu. 2901 KB 0,9 KB/p. 600dpi OCR lib.homelinux.org /файл/

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

K.A. KARIMOV, X. N. HABIBULLAYEVA.

«Nazariy mexanika» fanining

MEXANIK SISTEMA HARAKATINI O‘RGANISHDA SISTEMA KINETIK ENERGIYASINING O‘ZGARISHI HAQIDAGI TEOREMANI QO‘LLASH

mavzusiga uslubiy ko‘rsatma

Fanning o‘quv dasturida keltirilgan ta’lim sohasidagi hamma bakalavriyat ta’lim yo‘nalishlari uchun

Toshkent – 2013

UDK. 531.8
Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetik energiyasining. o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash. Uslubiy ko‘rsatma.
K.A. Karimov , X.N.Habibullayeva.. Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 2013, 40 b.

Taqrizchilar:
T.M.Movlonov – Toshkent to‘qimachilik va engil sanoat institute «Nazariy mexanika va materiallar qarshiligi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.
R.I. Karimov – Toshkent davlat texnika universiteti «Materiallar qarshiligi va mexanika» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

Texnikaning barcha sohalarida, ayniqsa, umumiy mashinasozlik, asbobsozlik ва aniq mashinasozlik, qurilish, avtomatika, mikrorobotlar texnikasida, tabobat, hisoblash, kosmik va maxsus texnikaning rivojlanishi va ularning mexanizmlarini, uskunalarini yaratishda talabalarning «Nazariy mexanika» fanidan olgan bilimlari asosiy o‘rinni egallaydi.

Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan bo‘lgan «Nazariy mexanika» fanini talabalar tomonidan chuqur o‘zlashtirilishi uchun o‘quv jarayonida hisoblash-grafik ishlarini bajarish uchun ko‘rsatma materiallardan, uslubiy ko‘rsatmalardan, yangi informatsion texnologiyalar va multimedia usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Talabalar ushbu uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan mavzu bo‘yicha hisoblash-grafik ishlarini bajaradilar. Dinamika bo‘limining asosiy mavzularidan biri «Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremalar»dir. Uslubiy ko‘rsatmada mavzuning nazariy qismi yoritilgan va hisoblash-grafik ishlarini bajarishda foydalanish uchun variant masalalaridan namunalar yechib ko‘rsatilgan. Talabalar o‘z bilimlarini tekshirishlari uchun qisqa masalalar javoblari bilan keltirilgan. Uslubiy ko‘rsatmada keltirilgan namunalarga asoslanib, talabalar berilgan topshiriqlarni mustaqil ravishda bajarishlari mumkin. Uslubiy ko‘rsatma talabalarning nazariy va amaliy bilimlarini oshirishda, mustaqil ta’limlarida hamda tekshiruv ishlarini bajarishda yaqindan yordam beradi.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga ko‘ra chop etildi

KIRISH

«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlar turkumiga kirib, barcha mutaxassisliklar bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda dasturiy fanlardan biridir. Hozirgi zamon texnikasini jadal sur’atlar bilan rivojlanib borishi, ishlab chiqarish jarayonlariga texnologik talablarni hisobga olgan holda parametrlari va bog‘lanishlari boshqariladigan mashina va mexanizmlarni keng tatbiq etish va ularning asosiy ishchi qismlarini harakatlarini nazariy asoslarini yaratishda umummuhandislik fanlarining asosi bo‘lgan «Nazariy mexanika» fani qonunlari va prinsiplariga asoslanadi. Shuning uchun ham bu fanda o‘rganiladigan barcha mavzular har qanday murakkab mashina va jihozlarning ishlash sirlarini anglab yetishda dasturulamal vazifasini bajaradi. «Nazariy mexanika» fanining «Dinamika» bo‘limida jismlarning harakatini o‘rganishda massa va kuchlarni hisobga olgan holda kinematik tavsifnomalarni, aksincha massa va kinematik tavsifnomalar
berilganda kuchlarni aniqlashni o‘rganiladi. Ya’ni, jismlar harakati bu harakatni vujudga keltiruvchi sababga bog‘langan holda tekshiriladi. Uslubiy ko‘rsatmada o‘zgaruvchi va o‘zgarmas kuchlarning bajargan ishlarini va Kyonig teoremasidan foidalangan holda qattiq jism kinetik energiyasini hisoblash formulalari keltirib chiqarilgan. Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiyasining. o‘zgarishi haqidagi teoremalarning differensialli ifodalari, so‘ngra tenglamalar kelti- rib chiqarilgan.

«Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetik energiyasining. o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash» mavzusi talabalarning mustaqil ta’lim bo‘yicha bajariladigan hisoblash-grafik ishlari uchun asosiy ko‘rsatmadir. Talabalar o‘z bilimlarini tekshirishlari uchun ko‘rsatmada mavzudan so‘ng takrorlash uchun savollar va bilimlarini mustahkamlash uchun qisqa masalalar javoblari bilan keltirilgan, namunaviy masalalar yechib ko‘rsatilgan.

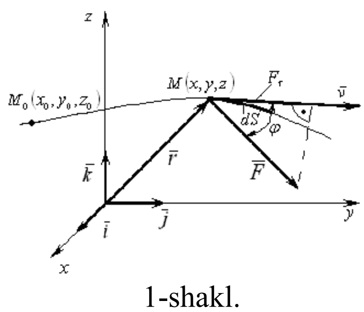
1-§. Kuchning ishi va quvvati

Kuchning biror ko‘chishda ta‘sirini ifodalovchi asosiy xarakteristikasi, uning shu ko‘chishda bajargan ishidir. Kuchning elementar ishini, chekli oraliqdagi ishini va quvvatni ko‘rib chiqamiz**.**

1.1.Kuchning elementar ishi

$\overline{F}$ kuchning cheksiz kichik elementar ds ko‘chishda bajargan dA elementar ishi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$dA = \overline{F}_\tau \, dS \qquad (1.1)$$



1-shakl.

Bu yerda: F_τ nuqta tezligining yo‘nalishiga yoki tezlik bo‘yicha yo‘nalgan elementar ko‘chishga $\overline{F}$ kuchning proyeksiyasidir. Elementar ish skalyar miqdor bo‘lib, uning ishorasi F_τ proyeksiyasining qiymati orqali belgilanadi. Agar $F_\tau > 0$ bo‘lsa, elementar ish $dA > 0$ va aksincha $F_\tau < 0$ bo‘lsa, elementar ish $dA < 0$ bo‘ladi. 1-shakldan $F_\tau = F \cdot \cos\varphi$ bo‘lib, $< \varphi -$ kuch bilan tezlik orasidagi burchak. Bu ifodani (1.1) ga olib borib qo‘ysak,

$$dA = F\cos\varphi\, dS \tag{1.2}$$

kelib chiqadi. (1.2) tenglamada F va ds qiymatlari musbat bo‘lganligi uchun, elementar ish dA qiymati $\cos\varphi$ ning qiymatiga bog‘liqdir. Agar φ burchak o‘tkir bo‘lsa, $dA > 0$ va aksincha φ burchak o‘tmas bo‘lsa, $dA < 0$ bo‘ladi.

Demak, *kuchning elementar ishi- kuchning elementar ko‘chishga proyeksiyasining elementar ko‘chishga ko‘payitmasiga teng.*

φ burchakning ayrim qiymatlari uchun (1.2) tenglamadan foydalanib elementar ishni hisoblaymiz:

$$\varphi = 0, \quad dA = F\, ds;$$
$$\varphi = 90^0, \quad dA = 0;$$
$$\varphi = 180^0, \quad dA = -F\, ds. \tag{1.3}$$

(1.3) ifodadan ko‘rinib turibdiki, kuch elementar ko‘chishga perpendikulyar bo‘lsa, elementar ish nolga teng bo‘ladi. Kuchning normal tashkil etuvchisi $\overline{F}_n$ ning bajargan elementar ishi doim nolga tengdir. Elementar ishni hisoblashning boshqa formulalarini keltiramiz. Nuqta kinematikasidan bizga ma‘lumki:

$$\bar{v} = \frac{d\bar{r}}{dt}; \quad v = |\bar{v}| = \frac{ds}{dt}. \tag{1.4}$$

Bundan:

$$ds = |d\bar{r}| = v\, dt \tag{1.5}$$

(1.5) ifodani (1.2) ga olib borib qo‘ysak,

$$dA = F|d\,\bar{r}|\cos\varphi = \overline{F}\cdot d\,\bar{r} \tag{1.6}$$

(1.6) tenglamadan *kuchning elementar ishi - kuchning, kuch qo‘yilgan nuqta radius-vektori differensialiga skalyar ko‘paytmasiga tengligi,* (1.4) tenglamadan $d\bar{r} = \bar{v}\cdot dt$ ni (1.6) ga qo‘ysak,

$$dA = \overline{F}\cdot d\bar{r} = \overline{F}\,\bar{v}\cdot dt = \overline{F}\,dt\cdot\bar{v} \tag{1.7}$$

(1.7) tenglamadan *kuchning elementar ishi- elementar kuch impulsining nuqtaning tezligiga skalyar ko‘paytmasiga tengligi,* agar $\overline{F}$ kuchni va $\bar{r}$ -radius-vektorni koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari orqali ifodalasak, (1.8) tenglama kelib chiqadi.
Ya‘ni:

$$\overline{F} = F_x\,\bar{i} + F_y\,\bar{j} + \overline{F}_z\,\bar{k},$$
$$\bar{r} = x\,\bar{i} + y\,\bar{j} + z\,\bar{k}. \tag{1.8}$$

(1.8) dan : $$d\,\bar{r} = dx\bar{i} + dy\,\bar{j} + d\bar{z}\,\bar{k} \tag{1.9}$$

(1.8) va (1.9) ni (1.6) ga qo‘ysak:

$$dA = F_x\, dx + F_y dy + F_z\, dz \tag{1.10}$$

kelib chiqadi. (1.10) tenglama elementar ishning analitik ifodasidir.

1.2. Chekli oraliqda kuchning bajargan ishi

Nuqtaning M_0 holatidan M holatiga o‘tishida F kuchning bajargan ishini hisoblash uchun M_0M oraliqni n ta elementar ko‘chishlarga bo‘lamiz. U holda ishni quyidagi formula bilan ifodalaymiz:

$$A = \lim_{n\to\infty}\sum_{k=1}^{n} dA_k; \tag{1.11}$$

Bu yerda dA_k - har bir elementar ko‘chishda kuchning bajargan ishi. M_0M oraliqda kuchning bajargan ishini hisoblash uchun (1.2), (1.7), (1.10) tenglamalarni integrallaymiz. Ya'ni:

$$A = \int_{M_0}^{M} \overline{F}_\tau \, dS \qquad A = \int_{M_0}^{M} \overline{F} \cdot \overline{v} \, dt \qquad A = \int_{M_0}^{M} F_x \, dx + F_y dy + F_z \, dz \qquad (1.12)$$

(1.12) tenglamalar yordamida kuchning chekli oraliqda bajargan to‘liq ishi hisoblanadi.

1.3. Teng ta‘sir etuvchi kuchning bajargan ishi

Agar $\overline{R}$ kuchni $\overline{F}_1, \overline{F}_2, \cdots, \overline{F}_N$ kuchlar sistemasining teng ta'sir etuvchisi deb qarasak, u holda:

$$\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \cdots + \overline{F}_N \qquad (1.13)$$

ga teng.

(1.6) tenglamaga (1.13) ni qo‘ysak:

$$dA = \overline{R} d\overline{r} = (\overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \cdots + \overline{F}_N) d\overline{r} = \overline{F}_1 d\overline{r} + \overline{F}_2 d\overline{r} + \cdots + \overline{F}_N d\overline{r} \qquad (1.14)$$

Demak, *teng ta‘sir etuvchi kuchning elementar ko‘chishda bajargan elementar ishi tashkil etuvchi kuchlarning alohida-alohida elementar ko‘chishda bajargan elementar ishlarning algebraik yig‘indisiga tengdir.*

Chekli ko‘chishda bajargan ishini hisoblash uchun har bir kuchning chekli oraliqdagi ishlari hisoblanib, algebraik yig‘indisi olinadi.Ya'ni:

$$A = \int_{M_0}^{M} \overline{R} d\overline{r} = \int_{M_0}^{M} \overline{F}_1 \, d\overline{r} + \int_{M_0}^{M} \overline{F}_2 d\overline{r} + \cdots + \int_{M_0}^{M} \overline{F}_N d\overline{r} \qquad (1.15)$$

SI birliklar sistemasida ish birligi qilib Joul qabul qilingan.

1 Joul = 1 Nm

Agar kuchning tezlik yo‘nalishiga proyeksiyasi F_τ o‘zgarmas bo‘lsa, (1.12) tenglamadan:

$$A = F_\tau \cdot S \qquad (1.16)$$

kelib chiqadi. Bu yerda S -nuqtaning bosib o‘tgan yo‘li.

$F_\tau = F \cdot \cos\varphi$ ifodani (1.16) ga qo‘ysak:

$$A = F \, S \cos\varphi \qquad (1.17)$$

(1.17) formulada F va φ o‘zgaruvchan bo‘lgan holda ham $F \cdot \cos\varphi$ o‘zgarmas miqdordir. Bu shart faqatgina F va φ o‘zgarmas bo‘lgandagina o‘rinli.

Agar $\varphi = 0^0$ yoki $\varphi = 180^0$ bo‘lsa, (1.17) tenglamadan:

$$A = \pm F \, S \qquad (1.18)$$

Kuch o‘zgarmas bo‘lib, uning yo‘nalishi doimo trayektoriyaga urinma bo‘lsa, (1.18) formula to‘g‘ri chiziqli va egri chiziqli harakatlar uchun o‘rinlidir.

1.4. Quvvat

Kuchning quvvati uning vaqt birligi ichida bajaradigan ishi bilan baholanadi. Ta'rifga ko‘ra quvvatni hisoblash formulasi quyidagicha aniqlanadi:

$$W = \frac{dA}{dt} \qquad (1.19)$$

(1.7) formuladan foydalanib quvvatni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$W = \overline{F} \cdot \overline{v} = F v \cos\varphi \qquad (1.20)$$

Demak, quvvat kuch va tezlikning skalyar ko‘payitmasidan iborat ekan.

(1.20) formuladan ko‘rinib turibdiki, quvvat o‘zgarmasligi uchun tezlik qancha katta bo‘lsa, kuch shuncha kichik bo‘ladi. Masalan, lokomotivning tortish kuchini oshirish uchun poyezdning tezligini kamaytirish lozim.

SI birliklar sistemasida quvvat birligi qilib Vatt qabul qilingan.

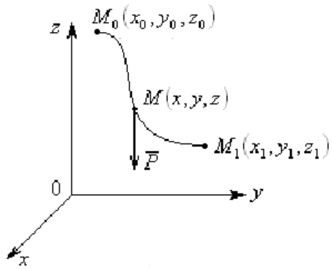
1 Vatt= 1 Joul/s ga teng.

2-§. Kuchning ishini hisoblashga misollar

Ishni hisoblash uchun nuqtaning harakatini oʻrganish zarur. Tabiatda shunday kuchlar borki, ularning bajargan ishlarini nuqtaning boshlangʻich va oxirgi holatini bilgan holda sodda hisoblanadi. Ogʻirlik kuchining, Guk qonuni boʻyicha oʻzgaruvchi elastiklik kuchining, qattiq jismning turli harakatlarida biror nuqtasiga taʻsir etuvchi kuchning bajargan ishini koʻramiz.

2.1.Ogʻirlik kuchining bajargan ishi

Massasi m boʻlgan moddiy nuqtaning ogʻirligi $\overline{P}$ oʻzgarmas boʻlib, vertikal pastga yoʻnalgan (2-shakl).



2-shakl.

Qiymati, $P = mg$

$Oxyz$ koordinata oʻqlariga harakatlanuvchi nuqtaning ogʻirlik kuchini proyeksiyalaymiz.

Ya'ni:

$$P_x = 0; \quad P_y = 0; \quad P_z = -mg. \tag{2.1}$$

Nuqta M_0 holatdan M ga kelguncha $\overline{P}$ kuchning bajargan ishini hisoblaymiz. (2.1) ifodani (1.12) formulaga olib borib go'ysak

$$A = \int_{M_0}^{M} F_x\,dx + F_y dy + F_z\,dz = -mg\int_{z_0}^{z_1} d\,z = -mg(z_1 - z_o) = mg(z_0 - z_1) \tag{2.2}$$

kelib chiqadi. Bu yerda $h = z_0 - z_1$ ekanligini e'tiborga olsak, (2.2) tenglama quyidagi koʻrinishda yoziladi:

$$A = mgh \tag{2.3}$$

Agar nuqta yuqoriga koʻtarilayotgan boʻlsa, ogʻirlik kuchining bajargan ishi manfiy boʻladi. Umumiy holda ogʻirlik kuchining bajargan ishi teng:

$$A = \pm\, mgh \tag{2.4}$$

Yoki

$$A = \pm Ph \tag{2.5}$$

(2.4) va (2.5) tenglamalardan koʻrinib turibdiki, ogʻirlik kuchining bajargan ishi nuqtaning trayektoriyasiga bogʻliq emas.

Nuqta M_0 holatdan M ga kelguncha nuqtalar ustma-ust tushsa yoki bitta gorizontal tekislikda yotsa $\overline{P}$ kuchning bajargan ishi nolga teng.

2.2.Chiziqli elastiklik kuchining bajargan ishi

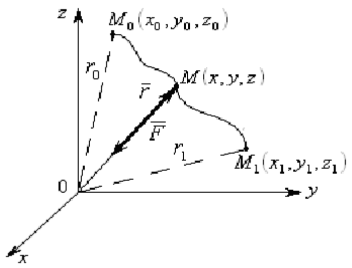
Chiziqli elastiklik kuchi yoki chiziqli tiklovchi kuch deb Guk qonuni boʻyicha taʻsir etuvchi kuchga aytiladi (3-shakl). Ya'ni:

$$\overline{F} = c\overline{r} \tag{2.6}$$

Bu yerda $\overline{r} - M$ nuqtadan statik muvozanat holatidagi nuqtagacha boʻlgan masofa. Bu nuqtada kuch nolga teng boʻladi. c - qattiqlik koeffitsienti.

Koordinata boshini nuqtaning statik muvozanat holatidagi nuqtada olsak, u holda (2.6) tenglamaning o‘qlardagi proyeksiyalari quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$F_x = -cx; \quad F_y = -cy; \quad F_z = -cz. \tag{2.7}$$



3- shakl.

Nuqta M_0 holatdan M ga kelguncha kuchning bajargan ishini hisoblaymiz.(2.7) ifodani (1.12) formulaga olib borib qo‘ysak,

$$A = \int_{M_0}^{M_1} F_x\,dx + F_y dy + F_z\,dz = -c\int_{M_0}^{M_1}(xdx + ydy + zdz) = -c\int_{r_0}^{r_1} r\,dr \tag{2.8}$$

kelib chiqadi.

(2.8) tenglamada $x\,dx + y\,dy + z\,d\,z = r\,dr$ ga teng bo‘lib, $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$ ga teng.Tenglamani integrallab, kuchni bajargan ishini hisoblaymiz. Ya’ni:

$$A = -\frac{c}{2}(r_1^2 - r_0^2) \tag{2.9}$$

(2.9) tenglama yordamida chiziqli elastik kuchining bajargan ishini hisoblaymiz. Agar M_0 nuqta statik muvozanat holatidagi nuqta bilan ustma- ust tushsa, u holda $\bar{r}_0 = 0$ va nuqtaning O dan M ga ko‘chishda kuchning bajargan ishi,

$$A = -\frac{c}{2}r^2. \tag{2.10}$$

(2.10) tenglamadagi r-harakati tekshirilayotgan nuqta va statik muvozanat nuqtasi orasidagi eng qisqa masofa.

$r = \lambda$ belgilash kiritamiz. U holda (2.10) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

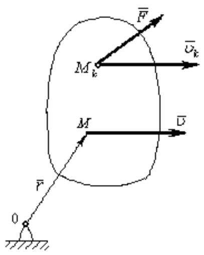
$$A = -\frac{c}{2}\lambda^2 \tag{2.11}$$

(2.11) tenglama chiziqli elastik kuchining bajargan ishini hisoblash formulasini ifodalaydi.

2.3. Qattiq jismning turli harakatlarida biror nuqtasiga ta‘sir etuvchi kuchning bajargan ishi

Qattiq jismning biror nuqtasiga ta‘sir etuvchi kuchning elementar va to‘liq ishini hisoblash uchun formulalar keltirib chiqaramiz. Avvalo qattiq jismning ilgarilanma va qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatini, so‘ngra harakatning umumiy hollarini ko‘ramiz.

a) Qattiq jism ilgarilanma harakat qilganda hamma nuqtalarining tezliklari miqdor va yo‘nalish jihatdan bir xil bo‘ladi (4-shakl).



4-shakl.

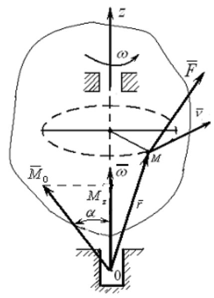
Agar qattiq jismning M_k nuqtasiga ta‘sir etuvchi kuchni $\overline{F}$ deb,
nugtaning tezligi $\overline{v}_k = \overline{v}$ ekanligini hisobga olssak, elementar ishni hisoblaymiz.
Ya’ni:

$$dA = \overline{F}\,\overline{v}_k\,dt = \overline{F}\,\overline{v}\,dt = \overline{F}d\overline{r} \tag{2.12}$$

Bu yerda $\overline{r}$ - qattiq jism ixtiyoriy nuqtasining radius-vektori. Chekli ko‘chishda bajarilgan to‘liq ish teng:

$$A = \int_{M_0}^{M} \overline{F}d\overline{r} \tag{2.13}$$

b) Qattiq jism qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat qilganda M nuqtasining tezligini vektor ifodasini yozamiz (5-shakl).



5- shakl.

$$\overline{v} = \overline{\omega} \times \overline{r} \tag{2.14}$$

$\overline{F}$ kuchning elementar ishi quyidagi formuladan aniqlanadi. Ya’ni:

$$dA = \overline{F}\,\overline{v}\,dt = \overline{F}(\overline{\omega} \times \overline{r})\,dt \tag{2.15}$$

Bu yerda:

$$\overline{F}(\overline{\omega} \times \overline{r}) = \overline{\omega}\left(\overline{r} \times \overline{F}\right) \tag{2.16}$$

(2.16) ni (2.15) ga qo‘ysak:

$$dA = \overline{\omega}(\overline{r} \times \overline{F})\,dt = \overline{\omega} \cdot \overline{M}_0 dt = \omega\, dt M_0 \cos\alpha \tag{2.17}$$

kelib chiqadi. Bu yerda $\left(\overline{r} \times \overline{F}\right) = \overline{M}_0\left(\overline{F}\right) = \overline{M}_0$ kuchning O nuqtaga nisbatan momenti. Oz aylanish o‘qiga nisbatan kuchning momenti: $M_9 \cos\alpha = M_z$ formula bilan aniqlanadi. $\omega\, dt = d\varphi$ ekanligini hisobga olib (2.17) formulani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$dA = M_z\, d\varphi \tag{2.18}$$

(2.18) formula yordamida qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning nuqtasiga ta‘sir etuvchi kuchning elementar ishini hisoblash formulasi.
To‘liq ish quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$A = \int_0^{\varphi} M_z d\varphi \tag{2.19}$$

Xususiy holda aylanish o‘qiga nisbatan kuch momenti o‘zgarmas bo‘lsa, ya’ni $M_z\left(\overline{F}\right) = const$, u holda ishni quyidagi formula bilan aniqlaymiz.
Ya’ni:

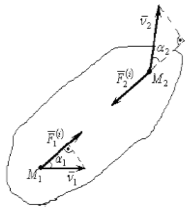
$$A = M_z \varphi \tag{2.20}$$

Bu yerda $\varphi -$ jismning burilish burchagi.

2.4. Qattiq jism ichki kuchlarining bajargan ishi

Qattiq jismning har qanday ko‘chishida ichki kuchlarning bajargan ishi nolga tengdir. Qattiq jismning ixtiyoriy ikki M_1 va M_2 nuqtalarini olamiz (6-shakl). Ichki kuchlar jism nuqtalarining o‘zaro ta‘sir kuchlari bo‘lgani uchun M_1 va M_2 nuqtalar uchun quyidagi tenglik o‘rinlidir:

$$\overline{F}_1^{(i)} = -\overline{F}_2^{(i)} \qquad (2.21)$$



6- shakl.

$\overline{F}_1^{(i)}$ kuch bo‘ylab yo‘nalgan birlik vektor $\bar{l}_0$ ni kiritamiz. U holda:

$$\overline{F}_1^{(i)} = \bar{l}_0 F_1^{(i)}\ ;\ \overline{F}_2^{(i)} = -\bar{l}_0 F_2^{(i)} = -\bar{l}_0 F_1^{(i)} \qquad (2.22)$$

$\overline{F}_1^{(i)}; \overline{F}_2^{(i)}$ kuchlarning bajargan elementar ishlarining yig‘indisi quyidagi ko‘rinishda yoziladi. Ya’ni:

$$dA_1^{(i)} + d\,A_2^{(i)} = \overline{F}_1^{(i)}\overline{v}_1 d\,t + \overline{F}_2^{(i)}\overline{v}_2 d\,t = F_1^{(i)}\,d\,t(\overline{v}_1\bar{l}_0 - \overline{v}_2\bar{l}_0) \qquad (2.23)$$

(2.23) tenglamada qavs ichidagi vektorlarning skalyar ko‘payitmasini ochib chiqsak:

$$dA_1^{(i)} + d\,A_2^{(i)} = F_1^{(i)}\,d\,t(v_1\cos\alpha_1 - v_2\cos\alpha_2) = 0 \qquad (2.24)$$

hosil bo‘ladi. Chunki kinematikadan ma‘lumki qattiq jism ixtiyoriy ikki nuqtasi tezligining ularni tutashtiruvchi to’g‘ri chiziqdagi proyeksiyalari tengdir. (2.24) tenglamadagi qavs ichidagi ifoda shu proyeksiyalardir. Ishoralari turli, miqdorlari teng bo‘lgani uchun nolga teng. Demak:

$$\sum dA_k^{(i)} = 0 \qquad (2.25)$$

Biz bilamizki, har qanday mexanik sistema uchun ichki kuchlar bosh momenti va bosh vektori nolga teng. Faqat qattiq jismlar uchun ichki kuchlar bajargan ishlarining yig‘indisi nolga tengdir. Umumiy holda boshqa mexanik sistema uchun o‘rinli emas.

3-§. Kinetik energiya

3.1. Nuqta va sistema kinetik energiyasi

Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi deb massaning yarmini tezlik kvadratiga ko‘paytmasiga aytiladi, ya’ni $\frac{mv^2}{2}$ yoki $\frac{m\overline{v}^2}{2}$.

Chunki istalgan vektorning skalyar kvadrati vektor modulining kvadratiga tengdir. Kinetik energiya skalyar, musbat miqdordir.

SI sistemasida o‘lchami $\frac{kg\cdot m^2}{s^2}$ dan iborat. Mexanik sistema kinetik energiyasi sistemani tashkil etuvchi har bir nuqtalar kinetik energiyalarining yig‘indisiga tengdir.

Ya’ni:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \sum \frac{m_k \overline{v}_k^2}{2} \qquad (3.1)$$

Mexanik sistemaning yoki nuqtaning kinetik energiyasi nuqtalar tezliklarining yo‘nalishiga bog‘liq emas. Faqatgina sistema nuqtalari tinch holatda bo‘lsa, kinetik energiya nolga teng bo‘lishi mumkin.

3.2. Sistema kinetik energiyasini hisoblash (Kyonig teoremasi)

Mexanik sistema harakatini massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakatini ko‘chirma harakatga va koordinatalar sistemasiga nisbatan massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakatini nisbiy harakatga ajratamiz. Sistemaning M_k nuqtasi quyidagi tenglik o‘rinli (7-shakl):

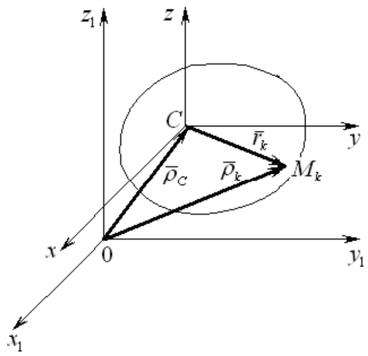
$$\bar{\rho}_k = \bar{\rho}_c + \bar{r}_k \tag{3.2}$$

(3.2) dan hosila olsak:

$$\bar{v}_k = \bar{v}_c + \bar{v}_{kr} \tag{3.3}$$

Bu yerda:

$$\bar{v}_{kr} = \frac{d\,\bar{r}_k}{d\,t} \tag{3.4}$$



7-shakl.

(3.4) tenglama yordamida nisbiy harakat tezligi aniqlanadi. Qo‘zg‘aluvchi koordinatalar sistemasi ilgarilanma harakatda bo‘lgani uchun $\bar{\omega} = 0$. $\bar{v}_k$ qiymatini (3.1) ga qo‘ysak, sistema kinetik energiyasi kelib chiqadi. Ya’ni:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{\bar{v}_C^2}{2} \sum m_k + \sum \frac{m_k \bar{v}_{kr}^2}{2} + \bar{v}_C \sum m_k \bar{v}_{kr} \tag{3.5}$$

Bu yerda:

$$\bar{v}_C \sum m_k \bar{v}_{kr} = \bar{v}_C \sum m_k \frac{d\,\bar{r}_k}{dt} = \bar{v}_C \frac{d}{dt}\left(\sum m_k \bar{r}_k\right) = 0$$

Chunki:

$$\sum m_k \bar{r}_k = const = 0$$

(3.5)tenglamada $\sum m_k = M$ sistemaning massasi bo‘lib, $T_C^{(r)} = \sum \frac{m_k \bar{v}_{kr}^2}{2}$ ifoda esa koordinatalar sistemasiga nisbatan massalar markazi bilan birgalikda ilgarilanma harakat qiluvchi sistemaning nisbiy harakat kinetik energiyasi.

Demak (3.5) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$T = \frac{M v_C^2}{2} + T_C^{(r)} \tag{3.6}$$

(3.6) tenglama *Kyonig teoremasi*ni ifodalaydi:

Mutlaq harakatda sistema kinetik energiyasi butun sistema massasi joylashgan sistema massalar markazining kinetik energiyasi bilan massalar markaziga nisbatan sistema kinetik energiyasining yig‘indisiga tengdir.

3.3. Qattiq jism kinetik energiyasi

a) Ilgarilanma harakatda qattiq jismning hamma nuqtalarining tezliklari teng bo‘lgani uchun $\bar{v}_k = \bar{v}$ bo‘lib, kinetik energiyasi quyidagicha yoziladi:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{v^2}{2} \sum m_k = M \frac{v^2}{2} \tag{3.7}$$

(3.7) formuladan ko‘rinib turibdiki, *ilgarilanma harakatda sistema kinetik energiyasi massasi bir* *nuqtaga joylashgan nuqta kinetik energiyasi kabi aniqlanadi.*

b) Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyani hisoblash uchun biror M_k nuqtasini olib (40-shakl), uning tezligini quyidagicha ifodalaymiz.

Ya’ni:

$$v_k = \omega \cdot h_k \tag{3.8}$$

bu yerda $h_k -$ nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan eng qisqa masofa;

$\omega -$ jismning burchak tezligi. Qiymatlardan foydalanib quyidagi natijani hosil qilamiz:

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum m_k h_k^2 = \frac{\omega^2}{2} I_z$$

Demak:

$$T = I_z \frac{\omega^2}{2} \tag{3.9}$$

(3.9) tenglamada I_z - qattiq jismning Oz aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti bo‘lib, *qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momentining burchak tezlik kvadratiga ko‘payitmasining yarmiga tengdir.*

d) Tekis-parallel harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasini hisoblash uchun Kyonig teoremasidan foydalanamiz. Biz ko‘rayotgan holda qattiq jismning koordinata sistemasiga nisbatan massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakati massalar markazi atrofida ω burchak tezligi bilan aylanishni ifodalagini uchun:

$$T_C^{(r)} = I_{Cz} \frac{\omega^2}{2} \tag{3.10}$$

ga teng. (3.10) tenglamada $I_{Cz} -$massalar markazidan o‘tuvchi Cz o‘qiga nisbatan inersiya momentiga teng bo‘lib, jismning harakat tekisligiga perpendikulyar yo‘naladi.

(3.6) formulaga asosan:

$$T = \frac{M v_C^2}{2} + \frac{I_{Cz}\omega^2}{2} \tag{3.11}$$

(3.11) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, *tekis-parallel harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi, massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakat kinetik energiyasi va harakat tekisligiga perpendikulyar, massalar markazidan o‘tuvchi, o‘q atrofidagi aylanma harakat kinetik energiyalarining yig‘indisidan iborat.*

4-§. Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teorema

Massasi m bo‘lgan moddiy nuqta $\overline{F}$ kuch ta‘sirida harakatlansin. Dinamikaning asosiy qonuni quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$m\frac{d\overline{v}}{dt} = \overline{F} \tag{4.1}$$

(4.1) tenglamaning ikkala tomonini nuqtaning radius-vektor differensiali $d\overline{r}$ ga skalyar ko‘paytiramiz:

$$m\, d\overline{v}\, \frac{d\overline{r}}{dt} = \overline{F}\, d\overline{r} \tag{4.2}$$

$\overline{v} = \dfrac{d\overline{r}}{dt}$ ekanligini e’tiborga olsak, (4.2) tenglama quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$m\overline{v}\, dv = \overline{F}\, d\overline{r} \tag{4.3}$$

Bu yerda $\overline{F}\,d\overline{r} = d\,A$ kuchning elementar ishidir.

$m\overline{v}d\overline{v} = d\left(\frac{m\overline{v}^2}{2}\right) = d\left(\frac{m v^2}{2}\right)$ ekanligini e'tiborga olib, (4.3) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

$$d\left(\frac{m v^2}{2}\right) = dA \tag{4.4}$$

(4.4) tenglama nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensialli ifodasidir. Demak, *nuqta kinetik energiyasining differensiali, nuqtaga ta‘sir etuvchi kuchlar bajargan elementar ishiga teng,* (4.4) tenglamani M_0M chekli oraliqda integrallaymiz (1-shakl).

Ya‘ni:

$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^{\ 2}}{2} = A \tag{4.5}$$

(4.5) tenglama nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning chekli oraliqda o‘zgarishini ifodalaydi.

Demak, *nuqta kinetik energiyasining chekli oraliqda o‘zgarishi, nuqtaga ta‘sir etuvchi kuchlarning shu oraliqda bajargan ishlariga teng.*

5-§. Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teorema

Sistemaning har bir nuqtasiga ichki va tashqi kuchlar ta‘sir etsin. (4.4) tenglamani sistemaning bitta nuqtasi uchun yozamiz:

$$d\left(\frac{m_k v_k^{\ 2}}{2}\right) = \overline{F}_k^{\,i} d\overline{r}_k + \overline{F}_k^{\,e} d\overline{r}_k, \qquad k = 1,2,3,\cdots,N. \tag{5.1}$$

Sistemaning hamma nuqtalari uchun tenglamani tuzib, chap va o‘ng tomonlarini hadma-had qo‘shamiz:

$$d\sum\left(\frac{m_k v_k^{\ 2}}{2}\right) = \sum \overline{F}_k^{\,i} d\overline{r}_k + \sum \overline{F}_k^{\,e} d\overline{r}_k,$$

yoki

$$d\,T = \sum d\,A_k^i + \sum d\,A_k^e \tag{5.2}$$

Bu yerda : $T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2}$ - sistema kinetik energiyasi,

$dA_k^i = \sum \overline{F}_k^{\,i} d\,\overline{r}_k$; $dA_k^e = \sum \overline{F}_k^{\,e}\,d\,\overline{r}_k$ - ichki va tashqi kuchlarning elementar ishlari.

(5.2) tenglama sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensialli ifodasi: *sistema kinetik energiyasining differensiali ichki va tashqi kuchlar elementar ishlarining yig‘indisiga teng.*

Agar (5.2) tenglamani biror chekli oraliqda integrallasak, (5.3) tenglama kelib chiqadi:

$$T - T_0 = \sum \int_{M_{k_o}}^{M_k} dA_k^i + \sum \int_{M_{k_o}}^{M_k} dA_k^e$$

yoki

$$T - T_0 = \sum A_k^i + \sum A_k^e \tag{5.3}$$

Bu yerda: $A_k^i = \int_{M_{k0}}^{M_k} dA_k^i$ - sistema nuqtasining M_{k_0} boshlang‘ich holatidan M_k oxirgi holatiga ko‘chishda ichki kuchlarning bajargan ishi, $A_k^e = \int_{M_{k0}}^{M_k} d\,A_k^e$ - tashqi kuchlarning bajargan ishi.

(5.3) tenglama sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: *bir holatdan ikkinchi holatga o‘tishda sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi, har bir holat uchun sistema nuqtalariga ta‘sir etuvchi ichki va tashqi kuchlarning bajargan ishlarining yig‘indisiga teng.*

5.1.Xususiy hol

Mutlaq qattiq jism uchun ichki kuchlarning bajargan ishi nolga teng:

$$\sum A_k^i = 0$$

Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teorema quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$T - T_0 = \sum A_k^e \tag{5.4}$$

(5.4) tenglama mutlaq qattiq jism uchun kinetik energiyaning o‘zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: bir holatdan ikkinchi holatga o‘tishda mutlaq qattiq jism kinetik energiyasining o‘zgarishi, har bir holat uchun mutlaq qattiq jismga ta‘sir etuvchi tashqi kuchlarning bajargan ishlarining yig‘indisiga teng. Demak, mutlaq qattiq jism uchun ichki kuchlar hisobga olinmaydi.

6-§. Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiya- sining o‘zgarishi haqidagi teoremalarni qo‘llashga doir masalalar

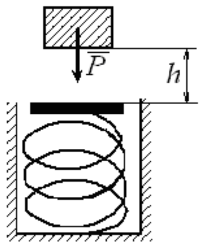
***1- MASALA.**

Og‘irligi P bo‘lgan jism h balandlikdan boshlang‘ich tezliksiz prujina ustiga tushadi. Agar jism ta‘sirida prujinaning statik siqilishi λ_{st} desak, eng katta siqilishi λ aniqlansin. Prujina massasi hisobga olinmasin (8-shakl).

Yechish:

Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremadan foydalanamiz:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0{}^2}{2} = A$$



8-shakl.

Boshlang‘ich paytda $v_0 = 0$ va eng katta siqilishda $v = 0$. Demak *A=0.* Jism prujinaga kelib urilganda unga asosan ikkita kuch ta‘sir etadi: og‘irlik kuchi P va prujinaning elastiklik kuchi. Og‘irlik kuchi $h + \lambda$ ko‘chishda; elastiklik kuchi λ ko‘chishda ish bajaradi. Demak:

$$A = P(h + \lambda) - \frac{c}{2}\lambda^2 = 0 \tag{*1.1}$$

Bu yerda, $P = c\lambda_{st}$ bo‘lib, undan $c = \dfrac{P}{\lambda_{st}}$ ga teng. Ifodani (*1.1) ga qo‘yamiz:

$$P(h + \lambda) - \frac{P}{2\lambda_{st}}\lambda^2 = 0 \tag{*1.2}$$

(*1.2) tenglamani hadma-had P ga bo‘lsak:

$$\left(h+\lambda\right)-\frac{1}{2\,\lambda_{st}}\lambda^2=0$$

yoki

$$\lambda^2-2\lambda_{st}\lambda-2\lambda_{st}h=0 \qquad (*1.3)$$

kelib chiqadi. (*1.3) kvadrat tenglamani yechsak:

$$\lambda=\lambda_{st}+\sqrt{\lambda_{st}^2+2\lambda_{st}h} \qquad (*1.4)$$

(*1.4) ildizning musbat ishorasi olinadi, chunki $\lambda>\lambda_{st}$. Agar $h=0$ bo‘lsa, $\lambda=2\lambda_{st}$ kelib chiqadi. Demak, jismning prujinaga dinamik ta‘sirida prujinaning eng katta siqilishi statik siqilishidan ikki barobar katta ekan.

***2- MASALA.**

Gorizontal tekislikda ishqalanishsiz harakat qiluvchi *B* g‘ildirakning *A* blokdan o‘tkazilgan ipga osilgan og‘irligi $\overline{Q}$ bo‘lgan *M* yuk harakatga keltiradi. Blok *A* va *B* g‘ildirakning og‘irliklari, radiuslari teng bo‘lib, $\overline{P};R$ larga tengdir. Ular bir jinsli disklar deb qaralsin. G‘ildirakning yumalashdagi ishqalanish koeffitsienti k ga teng. G‘ildirak va blok o‘qlaridagi ishqalanish, ipning massasi hisobga olinmasin. *M* yukning tezligini tushish balandligi h ga bog‘lab aniqlansin. Boshlang‘ich paytda sistema tinch holatda deb qaralsin (9-shakl).

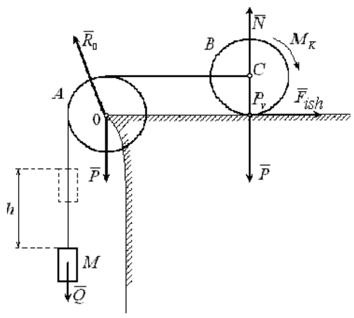
Yechish:

Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaga asosan:

$$T-T_0=\sum A_k^i+\sum A_k^e \qquad (*2.1)$$

Bu tenglamada sistema boshlang‘ich paytda tinch holatda bo‘lgani uchun $T_0=0$ bo‘ladi. Yuk, blok va g‘ildirakning kinetik energiyalarini mos ravishda T_1,T_2,T_3 deb belgilasak, u holda:

$$T=T_1+T_2+T_3 \qquad (*2.2)$$



9-shakl.

$$T_1=\frac{Q}{g}\frac{v^2}{2};\,T_2=J_{Oz}\frac{\omega_A^2}{2};\,T_3=\frac{P}{g}\frac{v_C^2}{2}+J_{Cz}\frac{\omega_B^2}{2} \qquad (*2.3)$$

ga teng. Bu yerda:

$$J_{Oz}=J_{Cz}=\frac{P}{g}\frac{R^2}{2};\quad \omega_A=\frac{v}{R};\quad v_C=v;\quad \omega_B=\frac{v_C}{R}=\frac{v}{R} \qquad (*12.4)$$

(*2.3) va (*2.4) tenglamalarni (*2.2) ga olib borib qo‘ysak:

$$T=\frac{v^2}{4g}\left(2Q+3P+P\right)=\frac{v^2}{4g}\left(Q+2P\right) \qquad (*2.5)$$

(*2.1) tenglamaning o‘ng tomonidagi ichki va tashqi kuchlarning bajargan ishlarini hisoblaymiz. Ipning tortilish kuchining bajargan ishi nolga teng bo‘lgani uchun, ip bilan tortilgan barcha qattiq jism uchun $\sum A_k^i=0$ tenglik o‘rinlidir. Blok og‘irligi $\overline{P}$ kuchning va o‘qning $\overline{R}_0$ reaksiya kuchlarining bajargan ishlari nolga teng, chunki ular qo‘zg‘almas O nuqtaga qo‘yilgan.

G‘ildirakning og‘irligi $\overline{P}$ ning yo‘nalishi ko‘chishga perpendikulyar bo‘lgani uchun, $\overline{N};\overline{F}$ kuchlarning yo‘nalishi tezliklar oniy markaziga qo‘yilgani uchun bajargan ishlari nolga teng. Bu masalada ishni $\overline{Q}$ kuch va tekislikda g‘ildirakning yumalashiga qarshilik qiluvchi juft kuch momenti M_k bajaradi. Ya‘ni:

$$\sum A_k^e = Q \cdot h - M_k \varphi \qquad (*2.6)$$

(*2.6) tenglamadagi $\varphi -$ M yuk h masofaga tushganda B g‘ildirakning burilish burchagidir. Biz bilamizki,

$$M_k = kN = kP = const, \quad \varphi = \frac{h}{R} \qquad (*2.7)$$

ga teng. (*12.7) tenglikni (*12.6) ga qo‘ysak,

$$\sum A_k^e = Q \cdot h - kP\frac{h}{R} \qquad (*2.8)$$

kelib chiqadi. (*2.5) va (*2.8) tenglamani (*2.1) ga qo‘ysak,

$$\frac{v^2}{4g}\left(Q+2P\right) = h\left(Q - \frac{k}{R}P\right);$$

$$v = \sqrt{\frac{2gh\left(Q - \frac{k}{R}P\right)}{Q+2P}} \qquad (*2.9)$$

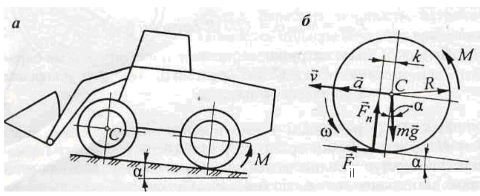
(2.9) tenglama M yukning h balandlikdan tushish tezligini ifodalaydi.

***3- MASALA.**

Bir cho‘michli ortuvchi mashinaning tezlanishi aniqlansin (10 a ,shakl), agarda ma’lum bo‘lsa : ortuvchi mashinaning to‘liq massasi $m = 24\ T$; g‘ildiraklarning umumiy massasi $m_k = 2T$; g‘ildirak radiusi $R = 0{,}77m$; C nuqtadan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan g‘ildiraklarning inersiya radiusi $i_C = 0{,}57m$; burchark $\alpha = 5^0$; dumalashdagi ishqalanish koeffitsienti $\delta = 0{,}06\,m$; yetakchi o’qdagi aylantiruvchi moment $M = 40\ kN \cdot m.$

Yechish:

Masala shartiga asosan ortuvchi mashinaning tezlanishini aniqlaymiz. Buning uchun sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasidan foydalanamiz.



10-shakl.

Ya’ni: $$\frac{dT}{dt} = \sum_{j=1}^{k} P_j^e + \sum_{q=1}^{v} P_q^i \qquad (*3.1)$$

$j = 1,\ldots,k -$ tashqi kuchlar soni; $P_j^e -$ tashqi kuchlar quvvati ; $k -$ sistemaga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar soni; $q = 1,\ldots,v -$ ichki kuchlar soni; $P_q^i -$ ichki kuchlar quvvati; $v -$ sistemaga ta’sir etuvchi ichki kuchlar soni. Sistema kinetic energiyasi T, ilgarilanma harakat qiluvchi ortuvchining korpusi va cho‘ michining kinetic energiyasi T_{II} hamda tekbis parallel harakat qiluvchi g‘ildirakning kinetic energiyasi $T_к$ larning yig‘indi- sidan iborat. Belgilashlar kiritamiz: $m_П -$ korpusning massasi (g’ildirak hisobga olinmaydi); $v -$ mashina tezligi; $\omega_к -$ g‘ildiraklarning burchak tezligi; C nuqtadan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan g‘ildirakning inersiya momenti J_k.

Sistema kinetic energiyasi teng:

$$T = 0{,}5\left(m_П v^2 + m_k v^2 + J_k \omega_k^2\right). \qquad (*3.2)$$

$$m = m_П + m_k; \quad \omega_k = \frac{v}{R}; \quad J_k = m_k i_k^2 \quad \text{hisobga olsak}$$

(*3.2) tenglama quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$T = 0{,}5\, v^2\left[m + m_k\left(i_C/R\right)^2\right].$$

Korpusning hamma nuqtalarining tezliklari va g‘ildirakning radiusi, dumalashdagi ishqalanishlari bir xil bo‘lgani uchun quvvatining balansini o‘zgartirmay hamma og‘irliklar etaklovchi g‘ildirakka tushadi (10 б, shakl).Shakldan ko‘rinib turibdiki, tayanchning normal reaksiya kuchi $F_n = mg\cos\alpha$, F_{il} ilashish kuchining quvvati nolga teng , chunki kuch tezliklar oniy markaziga qo‘yilgan. Hamma kuchlarning quvvati teng:

$$\sum P = M\omega_k + mg\,v\cos\left(90^0 + \alpha\right) - F_n k\omega_k =$$
$$= \left[M/R - mg\sin\alpha - \left(mgk/R\right)\cos\alpha\right]\cdot v =$$
$$= \left\{M/R - mg\left[\sin\alpha + \left(k/R\right)\cos\alpha\right]\right\}v.$$

Kinetic energiya va quvvatning qiymatlarini (*3.1) tenglamaga qo‘ysak:

$$\left[m + m_k\left(i_C/R\right)^2\right]\cdot v\, dv/dt = \left\{M/R - mg\left[\sin\alpha + \left(k/R\right)\cos\alpha\right]\right\}v,$$

$a = \dfrac{dv}{dt}$ ekanligini e’tiborga olsak:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{M/R - mg\left[\left(k/R\right)\cos\alpha + \sin\alpha\right]}{m + m_k\left(i_C/R\right)^2}$$

yoki

$$a = \frac{40/0{,}77 - 24\cdot 9{,}81\left[\left(0{,}06/0{,}77\right)\cos 5^0 + \sin 5^0\right]}{24 + 2\cdot\left(0{,}57/0{,}77\right)^2} = 0{,}524\ м/сек^2$$ **Javob:**

$$a = \frac{M/R - mg\left[\left(k/R\right)\cos\alpha + \sin\alpha\right]}{m + m_k\left(i_C/R\right)^2} = 0{,}524\ м/сек^2.$$

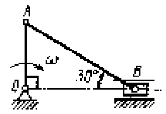
Takrorlash uchun savollar

1. Kuchning elementar ishi qanday formulalar bilan hisoblanadi?
2. Teng ta‘sir etuvchi kuchning bajargan ishi qanday hisoblanadi?
3. Chekli oraliqda kuchning bajargan ishi nimaga teng?
4. Quvvat nima?
5. Og‘irlik kuchining bajargan ishi nimaga teng?
6. Chiziqli elastiklik kuchining bajargan ishi qanday aniqlanadi?
7. Qattiq jism ichki kuchlarining bajargan ishi nimaga teng?
8. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jism nuqtasiga ta‘sir etuvchi kuchning bajargan ishi nimaga teng?
9. Nuqta kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?

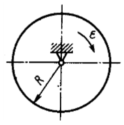
10. Sistema kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
11. Ilgarilanma harakat kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
12. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
13. Tekis-parallel harakat kinetik energiyasi qanday hisoblanadi?
14. Kyonig teoremasini ta’riflang.

15. Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial ko‘rinishdagi ifodasi qanday?
16. Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning chekli oraliqdagi ifodasi qanday?
17.Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial ko‘rinishdagi ifodasi qanday?
18. Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremaning chekli oraliqdagi ifodasi qanday?

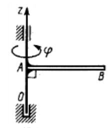
Mustaqil ta’lim bo‘yicha bilimlarni mustahkamlash uchun yechiladigan masalalar



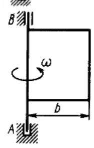
1. Uzunligi $0{,}5(m)$ bo‘lgan OA krivoship O o‘q atrofida $\omega = 2 rad/s$ burchak tezlik bilan aylanadi. Agar AB shatunning massasi $m = 1kg$ bo‘lsa, shaklda ko‘rsatilgan holat uchun AB shatunning kinetik energiyasini aniqlang. (0,5)



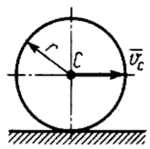
2.Massasi $m = 30\,kg$, radiusi $R = 1(m)$ bo‘lgan bir jinsli disk tinch holatdan tekis burchak tezlanish $\varepsilon = 2 rad/s^2$ bilan aylana boshlasa, $t = 2s$ paytdagi diskning kinetik energiyasini hisoblang.(120)



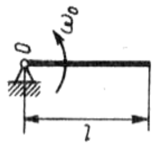
3. Massasi $m = 3kg$, uzunligi $AB = 1(m)$ bo‘lgan bir jinsli sterjen Oz o‘q atrofida $\varphi = 2t^3$ qonun bo‘yicha aylansa, $t = 1s$ da uning kinetik energiyasini hisoblang. (18)



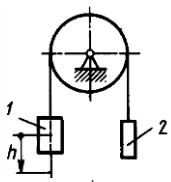
4. Massasi $m = 18kg$ bo‘lgan to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi plastina $\omega = 4 rad/s$ burchak tezlik bilan AB o‘q atrofida aylansa, plastinaning uzunligini $b = 1(m)$ deb, uning kinetik energiyasini aniqlang. (48)



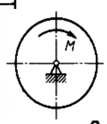
5. Massasi $m = 2kg$ radiusi $r = 1(m)$ bo‘lgan diskning massa markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti $J_C = 2kg \cdot m^2$ bo‘lsa, massa markazining tezligini $v_c = 1m/s$ deb, diskning kinetik energiyasini hisoblang. (2)



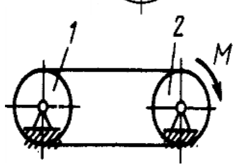
6. Radiusi $r = 0{,}4(m)$ bo‘lgan bir jinsli disk o‘z tekisligiga perpendikulyar va disk gardishidan o‘tgan o‘q atrofida chorak marta aylanishi uchun unga qanday boshlang‘ich burchak tezlik berish lozim? (5,72)



7. Uzunligi $l = 3(m)$ bo‘lgan sterjen Oz o‘qi atrofida yarim aylanishi uchun unga qanday boshlang‘ich ω_0 burchak tezlik berish kerak? (4,43)



8. Massalari $m_1 = 2kg$ va $m_2 = 1kg$ bo‘lgan ikki yuk cho‘zilmaydigan ip yordamida blokka osilgan bo‘lib, 1-yuk tinch holatdan $h = 3(m)$ pastga tushgan paytda uning tezligini hisoblang. (4,43)



9. Bir xil massali ikki shkiv o‘zaro tasma vositasida bog‘langan bo‘lib, tinch holatdan o‘zgarmas moment $M = 0{,}5\ N \cdot m$ ta’sirida harakatga keladi. Agar uch

marta aylangandan so‘ng shkivlar $\omega = 2 rad/s$ burchak tezlikka ega bo‘lsa, ulardan birining aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momentini aniqlang. (2,36)

10. Aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti $J = 3 kg \cdot m^2$ bo‘lgan rotorga o‘zgarmas juft kuch momenti $M = 9 N \cdot m$ ta‘sir etsa, uning burchak tezlanishini aniqlang. (3)

Hisob - grafik ishlarini bajarish uchun topshiriq
Mavzu: Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetik energiyasining. o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash.

Mexanik sistema tinch holatdan og‘irlik kuchi ta’sirida harakatga keladi; sistemaning boshlang‘ich holati 1-3-chizmalarda ko‘rsatilgan. Jism I ning ishqalanish kuchini(1-3,5,6,8-12,17-23, 28-30)-variantlarda va sirpanmasdan g‘ildiraydigan jism 3 ning dumalashga qarshiligini (2,4,6-9,11,13-15,20,21,24,27,29- variantlar) hisobga olib, boshqa qarshilik kuchllarini hamda cho‘zilmaydi deb faraz qilingan iplarning massalarini hisobga olmagan holda jism I ning tezligini, u bosib o‘tgan yo‘l S ga teng bo‘lgan vaqt oni uchun aniqlang. Topshiriqda quyidagi belgilashlar qabul qilingan: $m_1, m_2, m_3, m_4 -$ 1,2, 3, 4 jismlarning massalari ; $R_2, r_2, R_3, r_3 -$katta va kichik aylanalarning radiuslari; $i_{2x}, i_{3\xi} -$ 2, 3 jismlarning og‘irlik markazidan o‘tgan gorizontal o‘qlariga nisbatan inersiya radiuslari; $\alpha, \beta -$ tekisliklarning gorizontga og‘ish burchaklari, $f -$sirpanishdagi ishqalanish koyffisienti; $\delta -$ yumalashdagi ishqalanish koyffisienti.Yechish uchun zarur ma’lumotlar jadvalda keltirilgan. Jadvalda inersiya radiuslari ko‘rsatilmagan bloklar va katoklar tutash bir jinsli silindirlar, deb qaralsin.Iplarning nishab qismlari mos qiya tekisliklarga parallel.

жадвал

Variant №	m_1	m_2	m_3	m_4	R_2	R_3	i_{2x}	$i_{3\xi}$	α	β	f	δ	S
	kg				sm				grad			sm	m
1.	m	4m	1/5m	4/5m	-	-	-	-	60	-	0,10	-	2
2.	m	1/2m	1/3m	-	-	30	-	20	30	45	0,22	0,20	2
3.	m	m	1/10m	m	-	-	-	-	45	-	0,10	-	2
4.	m	2m	40m	m	20	40	18	-	-	-	-	0,30	$0,1\pi$
5.	m	2m	m	-	20	15	18	-	60	-	0,12	-	$0,28\pi$
6.	m	3m	m	-	-	28	-	-	30	45	0,10	0,28	1,5
7.	m	2m	2m	-	16	25	14	-	30	-	-	0,20	2
8.	m	1/2m	1/3m	-	-	30	-	-	30	45	0,15	0,20	1,75
9.	m	2m	9m	-	-	30	-	20	30	-	0,12	0,25	1,5
10.	m	1/4m	1/4m	1/5m	-	-	-	-	60	-	0,10	-	3
11.	m	1/2m	1/4m	-	-	30	-	25	30	45	0,17	0,20	2,5
12.	m	1/2m	1/5m	m	30	-	20	-	30	-	0,20	-	2,5
13.	m	2m	5m	2m	30	20	26		30			0,24	2
14.	m	1/2m	5m	4m	-	25	-	-	-	-	-	0,20	2
15.	m	1/2m	4m	1/2m	20	15	18	-	60	-	-	0,25	1,5
16.	m	1/10m	1/20m	1/10m	10	12	-	-	-	-	-	-	$0,05\pi$
17.	m	1/4m	1/5m	1/10m	20	-	15	-	60	-	0,10	-	$0,16\pi$
18.	m	3m	m	-	35	15	32	-	60	-	0,15	-	$0,2\pi$
19.	m	1/3m	1/10m	m	24	-	20	-	60	-	0,15	-	1,5
20.	m	2m	20m	-	20	15	16	-	30	-	0,10	0,20	$0,2\pi$
21.	m	m	2m	-	20	20	16	-	30	45	0,20	0,32	1,2
22.	m	1/2m	1/4m	-	20	10	-	-	60	-	0,17	-	$0,1\pi$
23.	m	m	1/10m	4/5m	20	-	18	-	30	-	0,10	-	1

24.	m	3m	20m	-	20	30	18	-	-	-	-	0,60	$0{,}08\pi$
25.	m	1/3m	1/4m	-	16	20	-	-	-	-	-	-	$0{,}04\pi$
26.	m	1/2m	m	1/3m	30	-	20	-	-	-	-	-	$0{,}6\pi$
27.	m	m	6m	1/2m	20	20	16	-	30	-	-	0,20	2
28.	m	2m	3m	-	20	-	14	-	60	-	0,10	-	$0{,}1\pi$
29.	m	1/4m	1/8m	-	-	35	-	-	15	30	0,20	0,20	2,4
30.	m	1/2m	3/10 m	3/2m	26	30	20	18	30	-	0,12	-	2

Вариантларга изохлар **:**

4-вариант : АВ, ВС қисмларнинг ва В сирпангичнинг массалари ҳисобга олинмасин. 5-вариант : Етакловчи массаси ҳисобга олинмасин.

14-вариант: 4 та ғилдираклар массаси бир хил.

16-вариант : Етакловчи массаси ҳисобга олинмасин.

17-вариант: 3- шатун ингичка бир жинсли стержен деб қаралсин

18-вариант : Етакловчи массаси ҳисобга олинмасин.

20 -вариант : АВ, ВС қисмларнинг ва В сирпангичнинг массалари ҳисобга олинмасин.

22 -вариант : Етакловчи массаси ҳисобга олинмасин.

24 -вариант : АВ, ВС қисмларнинг ва В сирпангичнинг массалари ҳисобга олинмасин.

25-вариант : Етакловчи массаси ҳисобга олинмасин.

26-вариант: 2, 5 блокларнинг массалари ҳамда инерция моментлари бир хил ва 3-шатун ингичка бир жинсли стержен деб қаралсин

28-вариант: 3- шатун ингичка бир жинсли стержен деб қаралсин

MUSTAQIL TA'LIM MASHG‘ULOTLARI, MAVZULARI, SHAKLI, KO‘RSATMALAR, VARIANTLAR, TUSHUNTIRISHLAR.

O‘quv rejasida har bir yo‘nalishlar bo‘yicha «Nazariy mexanika» faniga ajratilgan soatlarning bir qismini mustaqil ma'lum tashkil etadi. Talabalar bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ma'lum asosiy rol o‘ynaydi. Chunki o‘tilgan mavzular va amaliy mashg‘ulotlardan olgan bilimlarini adabiyotlar, internet tarmog‘idan olgan ma'lumotlar bo‘yicha mustahkamlaydilar. Talabalar ko‘pincha ma'ruza matnlaridan foydalanish bilan chegaralanadilar. Talaba bu bilan fanni to‘liq o‘zlashtira olmaydi. Bu esa fan haqida ma'lumot doirasini chegaralaydi. Fanning afzalligini to‘liq o‘zlashtirish va uning qo‘llanish sohalarini chuqur o‘rganish uchun mustaqil ma'lum zarurdir. Talaba mustaqil ma'lum ishlarni bajarishda darslik, o‘quv qo‘llanmalar, tarqatma materiallar, elektron adabiyotlardan foydalanadi. Har bir mutaxassislik uchun mustaqil ishlar mazulari kafedra tomonidan belgilanadi.

Talabalar mustaqil ma'lum ishlarini tayyorlashda «Nazariy mexanika» faning xususiyatlarini hisobga olgan xolda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

–darslik va o‘quv qo‘llanmalar bo‘yicha fan boblari va mavzularini o‘rganish;

–tarqatma materiallar bo‘yicha ma'ruzalar qismini o‘zlashtirish;

–kompyuter texnologtyalari tizimlari bilan ishlash;

–maxsus adabiyotlar bo‘yicha fanlar bo‘limlari yoki mavzulari ustida ishlash;

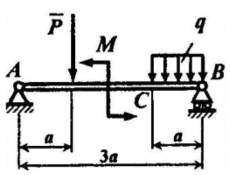
–faol va muammoli o‘qitish uslubidan foydalaniladigan o‘quv mashg‘ulotlarini o‘tkazish;

–masofaviy (distansion) ta'lim.

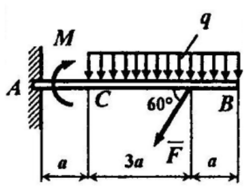
Tavsiya etilayotgan mustaqil ma'lum ishlarning mavzulari

- Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimining muvozanati;
- Qattiq jismning reaksiya kuchlarini aniqlash;
- Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimsining muvozanati;
- Nuqta kinematikasi;
- Nuqtaning murakkab harakati;
- Qattiq jismning tekis - parallel harakati:
- Moddiy nuqta dinamikasi;
- Qattiq jism dinamikasi;
- Mexanik tizim harakati.
- Analitik mexanika

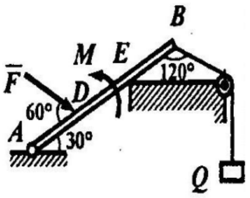
MUSTAQIL TA’LIM BO‘YICHA BILIMLARINI MUSTAHKAMLASH UCHUN YECHILADIGAN MASALALAR
STATIKA



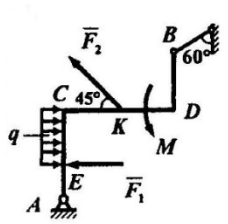
1. Intensivligi $q = 1{,}2\,kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $P = 1{,}7\,kN$ to‘plama kuch va momenti $M = 2kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’siridagi AB xodaning tayanchlaridagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 3\,m$ bo‘lsa.



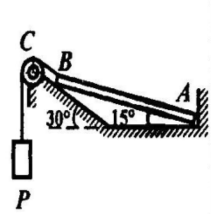
2. Intensivligi $q = 10\,kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $F = 40\,kN$ to‘plama kuch va momenti $M = 25\,kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta'siridagi qisib mahkamlangan AB konsol xodaning A tayanchidagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 1m$ bo‘lsa.



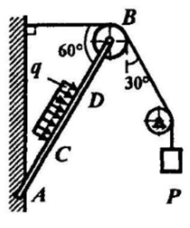
3. Og‘irligi $P = 20\,kN$ bo‘lgan bir jinsli AB xoda A nuqtada sharnir vositasida mahkamlangan va E nuqtada devorga tiralgan. B nuqtada blokdan o‘tkazilgan arqonga $Q = 10\,kN$ osilgan. D nuqtaga $F = 12\,kN$ kuch ta’sir etadi. Xodaga ta’sir etuvchi juft kuchning momenti $M = 8\,kN \cdot m$. Agarda $AD = DE = BE = 1m$ bo‘lsa, tayanchlar- dagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



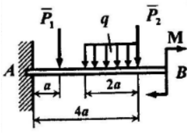
4. Siniq sterjen A nuqtada sharnir vosita- sida, B nuqtada vaznsiz sterjen bilan mah- kamlangan. Sterjenga momenti $M = 4\,kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch, intensivligi $q = 0{,}3kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, qiymatlari $F_1 = 4kN$, $F_2 = 7kN$ bo‘lgan to‘plama kuchlar ta’sir etsin. Agarda $EC = CK = KD = DB = 2a$, $AE = a$ bo‘lib, $a = 0{,}4m$ bo‘lsa, A tayanchdagi va B vaznsiz sterjendagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



5. Og‘irligi $Q = 600\ N$ bo‘lgan bir jinsli AB xoda A nuqtada gorizontal silliq polga va silliq devorga tiralgan. B nuqta qiya tekislikka tiralgan va blokdan o‘tkazilgan arqon mahkamlangan bo‘lib, uchiga $P = 50\,N$ yuk osilgan. AB xodaning tiralgan nuqtalaridagi reaksiya kuchlari aniqlansin. Blokdagi ishqalanish hisobga olinmasin.

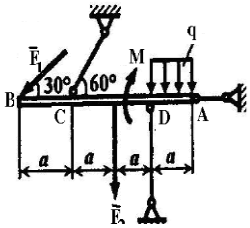


6. Og‘irligi $Q = 400\ N$ bo‘lgan bir jinsli AB xoda A nuqtasida qisib mahkamlangan. Agarda yuk og‘irligi $P = 300\,N$, taqsimlangan kuch intensivligi $q = 150\ N/m$, $AC = CD = DB = 2\,m$ bo‘lsa, xodaning qisib mahkamlangan nuqtasidagi reaksiya kuchlari aniqlansin. B blokning og‘irligi va o‘lchamlari hisobga olinmasin.

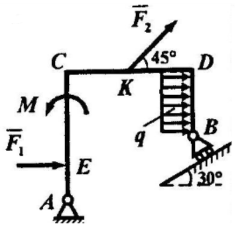


7.Intensivligi $q = 0{,}6 kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $P_1 = 2kN, P_2 = 1{,}3\ kN$ to‘plama kuchlar va momenti $M = 0{,}5\ kN \cdot m$ bo‘lgan

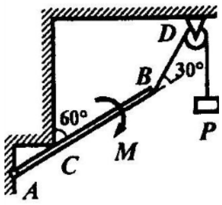
juft kuch ta'siridagi qisib mahkamlangan AB konsol xodaning A tayanchidagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 1{,}5 m$ bo‘lsa.



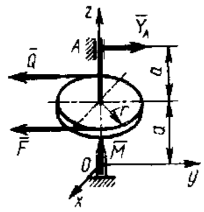
8.Intensivligi $q = 2 kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $F_1 = 10kN, F_2 = 5\ kN$ to‘plama kuch va momenti $M = 2\ kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’siridagi AB xodaning vaznsiz qattiq sterjen orqali sharnir vositasida boshqa jismga biriktirilgan tayanchlaridagi reaksiya kuchlari aniqlansin, agar $a = 1{,}5 m$ bo‘lsa.



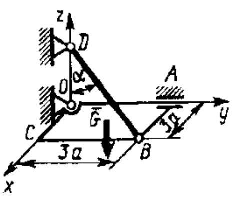
9. Qattiq ramaning A tayanchi qo‘zg‘almas sharnir B tayanchi qo‘zg‘aluvchi sharnirdan iborat bo‘lib, unga intensivligi $q = 0{,}5 kN/m$ bo‘lgan taqsimlangan kuchlar, $F_1 = 4kN, F_2 = 6\ kN$ to‘plama kuchlar va momenti $M = 4\ kN \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’sir etsin. Agarda $CK = KD = DB = 2a$, $AE = a$, $EC = 3a$ bo‘lib, $a = 0{,}4m$ bo‘lsa , A va B tayanchlari- dagi reaksiya kuchlari aniqlansin.



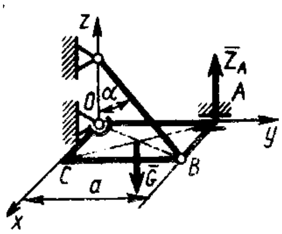
10. Uzunligi $AB = 80\ sm$ va og‘irligi $Q = 100 N$ bo‘lgan xodaning A nuqtasi qo‘zg‘olmas shar- nir vositasida mahkamlangan bo‘lib C nuqtasi devorga tegib turadi.Xodani B uchiga mahkam- langan, blokdan o‘tkazilgan arqonga osilgan $P = 400 N$ og‘irlikdagi yuk muvozanatda ushlab turadi. Xodaga momenti $M = 100\ N \cdot m$ bo‘lgan juft kuch ta’sir etadi. Agar $AC = 1/4\ AB$ bo‘lsa tayanch reaksiya kuchlari aniqlansin.



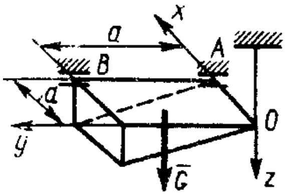
11.Radiusi $r = 0{,}3 m$ li shkiv o‘lchamlari $a = 0{,}3 m$ bo‘lgan vertikal o‘qqa o‘rnatilgan bo‘lib, $F = 2Q = 120\ N$ kuch- lar va momenti $M = 18\ N \cdot m$ juft kuch ta’sirida muvozanatda bo‘ladi. A pod- shipnikning $\overline{Y}_A$ reaksiya kuchini, Ox o‘qiga nisbatan momentlar tenglamasini tuzib, toping. Bunda $\overline{F} \parallel \overline{Q} \parallel$Oy. (90)



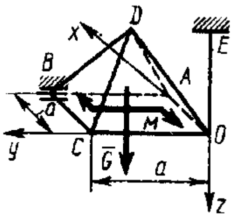
12.O‘lchamlari $a = 2 m$, og‘irligi $G = 30\ N$ bo‘lgan bir jinsli OABC plita po‘lat arqon BD vositasida va *O, A* sharnirlar orqali gorizontal mahkamlangan. *BD* arqonning taranglik kuchini aniqlang. Bunda $\alpha = 60^0$. (30)



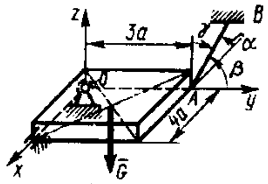
13.Tomonlari $a = 0{,}5 m$ bo‘lgan kvadrat shaklidagi *OABC* bir jinsli ramaning og‘irligi $G = 140\ N$ bo‘lib, gorizontal holatda muvozanatda ushlab turiladi. Agar $\alpha = 60^0$ bo‘lsa, *A* sharnirning $\overline{Z}_A$ reaksiya kuchini, *OB* chiziqqa nisbatan moment tenglamasini tuzib, hisoblang. (0)



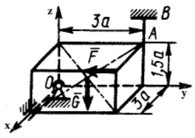
14.O‘lchamlari $a = 0{,}1\,m$ bo‘lgan bir jinsli jismning og‘irligi $G = 60\ N$ bo‘lib, shaklda ko‘rsatilgan bog‘lanishlar vositasida muvozanatda ushlab turiladi. Kuchlarning Ox o‘qiga nisbatan momenti tenglamalarini tuzib, B sharnir reaksiya kuchining vertikal tashkil etuvchisini toping.(40)



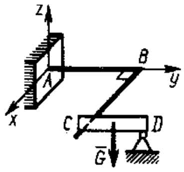
15. O‘lchamlari $a = 3\,m$ bo‘lgan, bir jinsli $OABCD$ piramidaning og‘irligi $G = 60\ N$ bo‘lib, unga momenti $M = 150\ N \cdot m$ li juft kuch ta’sir etadi. Agar piramida shaklda ko‘rsatil- gan bog‘lanishlar yordamida muvozanatda bo‘lsa, B sharnir reaksiya kuchining Ox o‘qiga parallel tashkil etuvchisini toping.(50)



16.O‘lchamlari $a = 20\,sm$ bo‘lgan bir jinsli plita $G = 400\ N$ og‘irlikka ega. Agar plita shaklda ko‘rsatilgan bog‘lanishlar vosi tasida muvozanatda bo‘lib, $\alpha = 61^0$, $\beta = 44^0, \gamma = 60^0$ bo‘lsa, AB arqonning taranglik kuchini, Ox o‘qiga nisbatan moment tenglamasini tuzib, toping. (400).

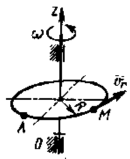


17. Tomonlari $a = 0{,}2\,m$ bo‘lgan jism $G = 11\ kN$ og‘irlikka ega bo‘lib, kuch ta’sirida va shaklda ko‘rsatilgan bog‘lanishlar yordamida muvozanatda ushlab turiladi. AB arqon- ning taranglik kuchini, Ox o‘qiga nisbatan moment tenglamasini tuz $F = 3\ kN$ ib, toping. (4*10^3)

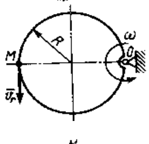


18.Og‘irligi $G = 10\ kN$ bo‘lgan bir jinsli gorizontal CD balka C nuqtasi bilan gorizontal tekislikda joylashgan bukilgan sterjen ABC ga tiralgan. A tayanch reaksiya kuchi R_A - ning miqdorini aniqlang. (5*10^3)

KINEMATIKA

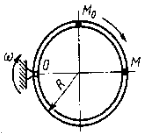


1.Radiusi $R = 0{,}06\,m$ bo‘lgan disk O nuqta atrofida $\varphi = t$ qonun asosida aylanadi. Diskning gardishi bo‘ylab M nuqta $v_r = 0{,}04\,m/s$ tezlik bilan harakatlansa, uning mutlaq tezli-gini hisoblang. (0,16)



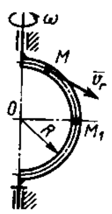
2.Radiusi $R = 0{,}1m$ bo‘lgan disk O nuqta atrofida $\varphi = 0{,}4t$ qonun asosida aylanadi. Diskning gardishi bo‘ylab M nuqta $OM = 0{,}3t$ tenglama bilan harakatlansa, uning mutlaq tezligini aniqlang. (0,342)

]



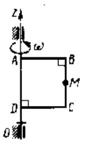
3.Radiusi $R = 0{,}1m$ bo‘lgan halqa shakl tekis- ligida O nuqta atrofida o‘zgarmas

$\omega = 4\,rad/s$ burchak tezlik bilan aylanadi. Halqadagi M shar esa $M_0M = 0{,}1t$ qonun bo‘yicha nisbiy harakat qilsa, ko‘rsatilgan holat uchun M sharning mutlaq tezligini toping. (0,5)

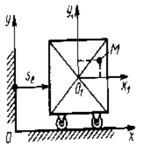


4. Radiusi $R = 1m$ bo‘lgan yarim doira shak- lidagi naycha $\omega = 3\,rad/sek.$ burchak tezlik bi- lan aylanadi. Naycha ichidagi M sharcha

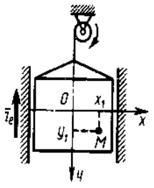
o‘z -
kelgan



garmas nisbiy tezlik $v_r = 3\,m/s$ bilan harakatlansa, M sharchaning M_1 holatga paytdagi mutlaq tezligini aniqlang. (4,24)

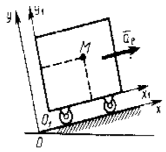


5.To‘g’ri to’rtburchak shaklidagi $ABCD$ plastina Oz o‘qi atrofida $\omega = 4t\,rad/sek.$ bur- chak tezlik bilan aylanadi.Uning BC tomoni bo’ylab M nuqta o‘zgarmas $9\,m/s$ tezlik bilan B dan C ga tomon harakatlandi t = 3sek.

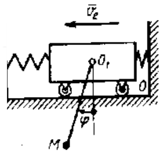


da nuqtaning mutlaq tezlik miqdo- rini toping. Bunda $AB = 1m.$ deb olinsin.(15)

6.Arava gorizontal yo‘lda $s_e = 0{,}5\,t^3$ qonun bilan harakatlanadi. Aravadagi M nuqta esa vertikal shakl tekisligida $x_1 = 0{,}3\,t$ va $y_1 = 0{,}1t^2$ tenglamalar asosida harakat qiladi. $t = 1sek.$ paytdagi nuqtaning mutlaq tezlani- shini toping.(3,01)

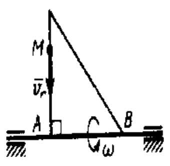


7.Lift kabinasi $a_e = 5\,m/s^2$ o‘zgarmas tezla -nish bilan yuqoriga ko‘tariladi.Uning ichida shakl tekisligi bo‘ylab M nuqta $x_1 = 0{,}5\,t^2$ va $y_1 = 0{,}3\,t^2$ qonun bo‘yicha harakat qiladi. Nuqtaning mutlaq tezlanishini toping.(4,51)

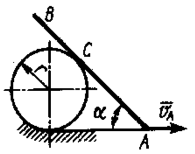


8.Arava qiya tekislikda $a_e = 2\,m/sek.^2$ tezla- nish bilan harakat qiladi. Aravadagi M nuqta esa shakl tekisligida $x_1 = 3t^2$ va $y_1 = 4t^2$ tengla- malar bo‘yicha harakatlanadi. Nuqtaning mut- laq tezlanishini toping.(11,3)

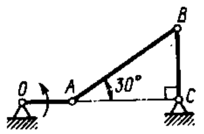
9.Arava gorizontal yo‘lda $v_e = \sin(\pi/3)t$ tezlik bilan harakatlanadi.Uning markaziga mahkamlangan uzunligi $O_1M = 1m$ li mayatnik $\varphi = 0{,}5\,\pi t$ qonun bo‘yicha tebranadi. Vaqtning $t = 0{,}5\,sek.$ da M nuqtaning mutlaq tezlanishini toping.(1,93)



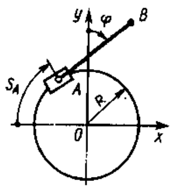
10.Uchburchak shaklidagi jism AB tomo- ni atrofida $\omega = 8\,rad/sek.$ burchak tezlik bilan aylanadi. M nuqta esa uchburchak ning AB ga perpendikular tomoni bo’ylab $v_r = 4\,m/sek.$ nisbiy tezlik bilan harakat qiladi. M nuqtaning Koriolis tezlanishini toping. (64)



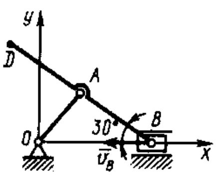
11. AB sterjen vertikal tekislikda shunday harakat qiladiki, uning A nuqtasi $v_A = 0.2\,m/sek.$ tezlik bilan gorizontal to‘g‘ri chiziq bo‘yicha harakatlansa, C nuqtasi bilan radiusi r li disk sirtida sirpanadi. C nuqtasining tezligini $\alpha = 45^0$ holat uchun aniqlang (0,141).



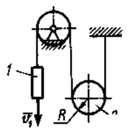
12.To‘rt zvenodan iborat sharnirli mexanizmning ko‘rsatilgan holati uchun B nuqtasining tezligi aniqlansin, shu paytda uning A nuqtasi $1\,m/sek.$ tezlikka ega bo‘lgan (0,577).



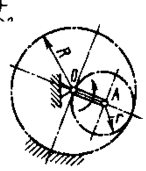
13. AB sterjenning A nuqtasi radiusi $R = 1m$ bo‘lgan aylana bo‘ylab $S_A = 1{,}05t$ qonun bo‘yicha harakat qiladi. Bir vaqtning o‘zida sterjen $\varphi = t$ qonun bilan aylanadi. Agar sterjenning uzunligi $AB = 1m$ bo‘lsa, $t_1 = 1sek.$ paytda uning B nuqtasi tezligining Oy o‘qiga proyeksiyasini aniqlang (-0,319).



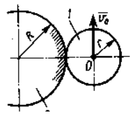
14. Mexanizm shatunining uzunligi $BD = 0{,}5m$ bo‘lib, B polzunning tezligi $v_B = 0{,}4\,m/sek.$ va D nuqtasi tezlik vektorining Ox o‘qidagi proyeksiyasi $v_{Dx} = 0{,}2\,m/sek.$ bo‘lsa, beril- gan holat uchun AB shatunning oniy burchak tezligini toping (2,4).



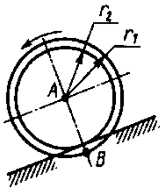
15. Agar 1-yukning tezligi $v_B = 0{,}5\,m/sek.$ bo‘lsa, radiusi $R = 0.1m$ bo‘lgan qo‘zg‘a- luvchan 2-blokning burchak tezligi qancha bo‘ladi? (2,5)



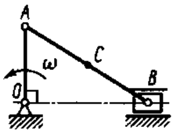
16.Radiuslari $R = 2r = 0.2\,m$ bo‘lgan g‘ildirak- larni bog‘lovchi OA krivoship $\varphi = 0{,}4t^2$ qonun bo‘yicha aylansa, qo‘zg‘aluvchan g‘ildirak ning burchak tezlanishini toping (0,8).



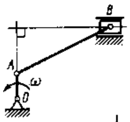
17. Radiusi $r = 13\,sm$ bo‘lgan 1-silindr radiusi $R = 20\,sm$ li qo‘zg‘almas 2-silindr ustida dumalaydi. 1-silindr markazi 0 dan uning tezliklar oniy markazigacha bo‘lgan masofani toping (0,13).



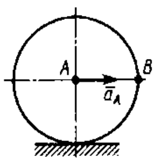
18. Tekislik bo‘ylab sirpanmasdan dumalayotgan pog‘onali g‘ildirakning radiuslari $r_1 = 0{,}6m$ va $r_2 = 0{,}5m$ bo‘lib, A nuqtasining tezligi $v_A = 2m/sek.$ bo‘lsa, B nuqtasining tezligini aniqlang (0,4).



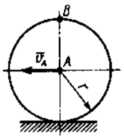
19. Krivoship - polzunli mexanizmning beryl- gan holati uchun AB shatunning o‘rtasidagi C nuqtaning tezligini toping. Bunda $\omega = 1rad/sek$ va $OA = 0{,}3m$; $AB = 0{,}5m$ deb olinsin (0,3).



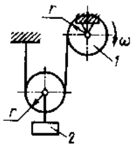
20. Krivoship - polzunli mexanizm shatuni- ning uzunligi $OA = 0{,}1m$ bo‘lib, polzunning tezligi $v_B = 2m/sek.$ bo‘lsa, OA krivoship- ning burchak tezligini niqlang (20).



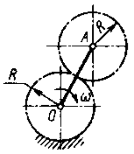
21. G‘ildirak sirpanmasdan dumalaydi. Uning B nuqtasining tezlanishini A nuqtaning tezligi va tezlanishi: $v_A = 0$ va $a_A = 2m/sek^2$ holat uchun hisobang (2,83).



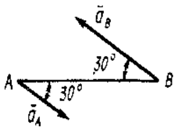
22. Radiusi $r = 0{,}1m$ bo‘lgan g‘ildirak sirpanmasdan dumalaydi. Agar A nuqtasi o‘zgarmas $v_A = 2m/sek$ tezlik bilan harakat -lansa, B nuqtasining tezlanishini toping (40).



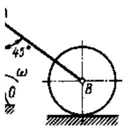
23.Radiusi $r = 0{,}2m$ bo‘lgan 1-baraban $\varphi = 0{,}1t^2$ qonun bilan aylanib, 2-yukni yuqoriga tortadi. Yukning tezlanishini hisoblang (0,02) .



24. Planetar mexanizmning krivoshipi OA o‘zgarmas burchak tezlik $\omega = 1rad/sek$ bilan aylanadi. Agar g‘ildiraklarning radiuslari $R = 0{,}1m$ bo‘lsa, qo‘zg‘aluvchi g‘ildirak tezliklar oniy markazi bo‘lgan nuqtaning tezlanishini topin (0,2).

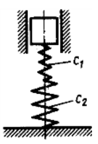


15. Uzunligi $AB = 40sm$ bo‘lgan sterjen shakl tekisligida harakat qiladi. Biror vaqtdan keyin uning A va B nuqtalari $a_A = 2m/sek^2$ va $a_B = 6m/sek^2$ tezlanishlarga ega bo‘lsa, sterjenning burchak tezlanishini aniqlang.(10)



16.Krivoship-shatunli mexanizmning o‘lchamlari $OA = 0{,}3m$ va $AB = 0{,}45m$ bo‘lib, OA krivo -ship o‘zgarmas burchak tezlik $\omega = 10rad/sek$ bilan aylanadi. AB shatunning burchak tezlanishi- ni hisoblang.(94,3)

DINAMIKA

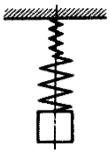


1. Ketma-ket ulangan, bikirlik koeffitsientlari mos ravishda $c_1 = 2N/sm$, $c_2 = 18N/sm$ bo‘lgan prujinalarga ekvivalent prujinaning bikirlik koeffitsientini hisoblang. (1,8 N/sm)

2. Massasi $m = 10kg$ bo‘lgan jism prujinaga osilgan holda davri $T = 0.8s$ ga teng vertikal erkin tebranma harakat qiladi. Prujinaning bikirlik koeffitsientini toping. (617 N/m)

3. Massasi $m = 0{,}5kg$li yuk prujinaga osilgan holda $\ddot{y} + 60y = 0$ tenglama bo‘yicha tebranma harakat qiladi. Prujina- ning bikirlik koeffitsientini toping. (30 N/m)

4.Bikirlik koeffitsienti $c = 150 N/m$ bo‘lgan vertikal prujinaga osilgan yuk $\ddot{x} + 20x = 0$ tenglama bo‘yicha tebranma harakat qilsa, yukning massasini toping. (7,5)



5. Massasi $m = 10kg$ bo‘lgan yuk ketma-ket ulangan ikkita prujinaga osilgan bo‘lib, keltirilgan bikirlik koeffitsienti $c = 3.6 N/m$ bo‘lsa, erkin tebranishlarning chastotasini toping. (0,955 rad/s)

6. Massasi $m = 2kg$ bo‘lgan yuk bikirlik koeffitsienti $c = 30 N/m$ bo‘lgan prujinaga mahkamlangan va statik muvozanat holatidan harakatga keltirilgan. Agar qarshilik kuchi $R = -0.1v\,(N)$ bo‘lsa, yukning harakati tebranma harakat bo‘la oladimi? (Ha)

7. Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasi $2\ddot{x} + \mu\dot{x} + 50x = 0$ bo‘lsa, tebranma harakat nodavriy (aperiodik) bo‘lishi uchun muhit qarshiligi koeffitsienti μ ning minimal qiymati qancha bo‘lishi lozim? (20)

8. Moddiy nuqta harakat differensial tenglamasi $\ddot{x} + 5\dot{x} + 5x = 0$ bo‘lsa, uning harakati tebranma harakat bo‘la oladimi? (Y o‘q)

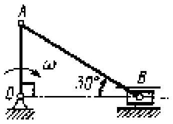
9. Moddiy nuqta tebranma harakat differensial tenglamasi $\ddot{x} + 6\dot{x} + 50x = 0$ bo‘lsa, so‘nuvchi tebranish davrini hisoblang. (0,981 s)

10. Moddiy nuqta tebranma harakatining differensial teng -lamasi $5\ddot{x} + 320x = 90\sin 7t$ bo‘lsa, erkin tebranishlarning chasto- tasini hisoblang. (8 rad/s)

11. Moddiy nuqta tebranma harakatining differensial tengla -masi $\ddot{x} + 10x = 1.5\sin(5t + 0.4)$ berilgan. Uyg‘otuvchi kuchning maksimal qiymati $F_0 = 60(N)$ bo‘lsa, nuqtaning massasini toping. (40 kg)

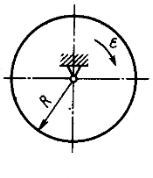
12. Massasi $m = 5kg$ bo‘lgan jism prujinaga osilgan holda differensial tenglamasi $\ddot{x} + 6\dot{x} + 40x = 5\sin 15t$ bilan ifodalanuv- chi tebranma harakatda bo‘lsa, prujinaning bikirlik koeffitsientini toping. (200 N/m)

13. Prujinaga osilgan, massasi $m = 50\,kg$ bo‘lgan jismga vertikal yo‘nalgan $F = 200\sin 10t$ uyg‘otuvchi kuch ta‘sir etib, majburiy tebranishlar amplitudasi 0,04 bo‘lsa, prujinaning bikirlik koeffitsienti c ni aniqlang. (10 kN/m)

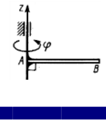


14. Jism vertikal tebranishlarining differensial tenglamasi $\ddot{x} + 16x = 20\sin(6t + 0.7)$ ko‘rinishda bo‘lsa, prujinaning bikirlik koeffitsienti c (N/m) ni toping. Uyg‘otuvchi kuchning maksimal qiymati $F_0 = 80(N)$ deb olinsin. (64 N/m)

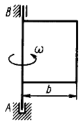
15. Uzunligi $0{,}5(m)$ bo‘lgan OA krivoship O o‘q atrofida $\omega = 2 rad/s$ burchak tezlik bilan aylanadi. Agar AB shatunning massasi $m = 1kg$ bo‘lsa, shaklda ko‘rsatilgan holat uchun AB shatunning kinetik energiyasini aniqlang. (0,5)



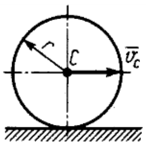
16.Massasi $m = 30\,kg$, radiusi $R = 1(m)$ bo‘lgan bir jinsli disk tinch holatdan tekis burchak tezlanish $\varepsilon = 2 rad/s^2$ bilan aylana boshlasa, $t = 2s$ paytdagi diskning kinetik energiyasini hisoblang.(120)



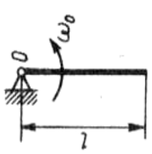
17. Massasi $m = 3kg$, uzunligi $AB = 1(m)$ bo‘lgan bir jinsli sterjen Oz o‘q atrofida $\varphi = 2t^3$ qonun bo‘yicha aylansa, $t = 1s$ da uning kinetik energiyasini hisoblang. (18)



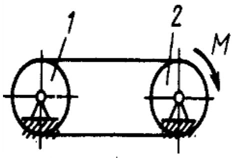
18. Massasi $m = 18kg$ bo‘lgan to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi plastina $\omega = 4 rad/s$ burchak tezlik bilan AB o‘q atrofida aylansa, plastinaning uzunligini $b = 1(m)$ deb, uning kinetik energiyasini aniqlang. (48)



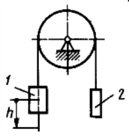
19. Massasi $m = 2kg$ radiusi $r = 1(m)$ bo‘lgan diskning massa markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti $J_C = 2kg \cdot m^2$ bo‘lsa, massa markazining tezligini $v_c = 1m/s$ deb, diskning kinetik energiyasini hisoblang. (2



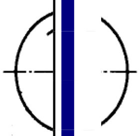
20. Radiusi $r = 0,4(m)$ bo‘lgan bir jinsli disk o‘z tekisligiga perpendikulyar va disk gardishidan o‘tgan o‘q atrofida chorak marta aylanishi uchun unga qanday boshlang‘ich burchak tezlik berish lozim? (5,72)



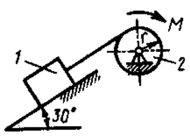
21. Uzunligi $l = 3(m)$ bo‘lgan sterjen Oz o‘qi atrofida yarim aylanishi uchun unga qanday boshlang‘ich ω_0 burchak tezlik berish kerak? (4,43)



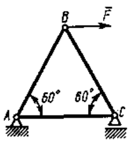
22. Massalari $m_1 = 2kg$ va $m_2 = 1kg$ bo‘lgan ikki yuk cho‘zilmaydigan ip yordamida blokka osilgan bo‘lib, 1-yuk tinch holatdan $h = 3(m)$ pastga tushgan paytda uning tezligini hisoblang. (4,43)



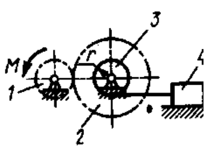
23. Bir xil massali ikki shkiv o‘zaro tasma vositasida bog‘langan bo‘lib, tinch holatdan o‘zgarmas moment $M = 0,5\ N \cdot m$ ta‘sirida harakatga keladi. Agar uch marta aylangandan so‘ng shkivlar $\omega = 2 rad/s$ burchak tezlikka ega bo‘lsa, ulardan birining aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momentini aniqlang. (2,36)



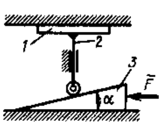
24. Aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti $J = 3kg \cdot m^2$ bo‘lgan rotorga o‘zgarmas juft kuch momenti $M = 9N \cdot m$ ta‘sir etsa, uning burchak tezlanishini aniqlang. (3)



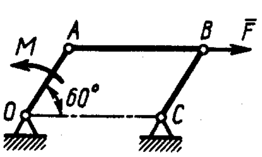
25.Og‘irligi 200 N bo‘lgan 1- yukni bir tekisda yuqoriga tortish uchun radiusi $r = 20sm$ li 2- barabanga momenti nechaga teng bo‘lgan juft kuch qo‘yish lozim? (20)



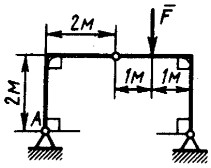
26. Agar tekis fermaning B tuguniga $F = 6000\ N$ kuch ta’sir etsa, AC sterjenida qanday zo‘riqish hosil bo‘ladi? ($3*10^3$)



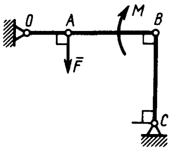
27. Tishlar soni $z_2 = 2z_1$ bo‘lgan tishli 1- va 2-g‘ildiraklardan iborat mexanizm momenti M bo‘lgan juft kuch ta’sirida aylanib, 3-baraban yordamida og‘irligi $4 \cdot 10^3\ N$ li 4- yukni bir tekisda tortadi. Agar 3-baraban radiusi $r = 10sm$ va sirpanib ishqalanish koeffitsienti $f = 0,2$ bo‘lsa, juft kuch momenti M ning qiymatini aniqlang. (40)



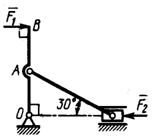
28. 3-ponaga $F = 100\ N$ kuch ta’sir etib, 2 - richak yordamida 1- jismni qisadi. Agar $\alpha = 11^0$ bo‘lsa, 2 - richakning 1 - jismga bosim kuchini aniqlang. (514)



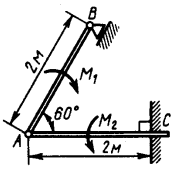
29. Sharnirli parallelogramm $OABC$ ning AB shatuniga gorizontal $F = 50\,N$ kuch ta'sir etadi. Agar krivoshipning uzunligi $OA = 10\ sm$ bo'lsa, mexanizmni muvozanatda ushlab turish uchun krivoshipga qanday juft kuch momenti M ta'sir etishi lozim? (4,33)



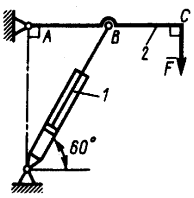
30. Uch sharnirli arkning birinchi qismiga $F = 8\cdot 10^3\,N$ vertikal kuch ta'sir etadi. A sharnirda hosil bo'ladigan reaksiya kuchining vertikal tashkil etuvchisini aniqlang. ($2*10^3$)



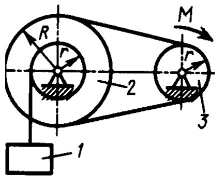
31. To'rtta zvenodan iborat sharnirli mexanizmning OA krivoshipining A nuqtasiga $\overline{F}$ kuchi, uzunligi $AB = 0{,}4m$ bo'lgan shatunga esa momenti $M = 40\,N\cdot m$ ga teng bo'lgan juft kuch ta'sir etib, mexanizm muvozanat holatida qolishi uchun $\overline{F}$ kuchining miqdori qancha bo'lishi kerak? (100)



32. Krivoship - polzunli mexanizm muvozanat holatida qolishi uchun $F_1 = 100N$ va $OA=AB$ bo'lsa, polzunga qanday kattalikdagi F_2 kuch ta'sir etishi lozim? (200)

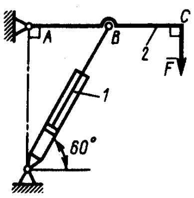


33. Gorizontal balka AC bir uchi bilan devorga bikir mahkamlangan bo'lib, unga momenti $M_2 = 600N\cdot m$ li juft kuch ta'sir qiladi. AC balkaning A uchiga sharnir yordamida biriktirilgan AB balkaga momenti $M_1 = 400N\cdot m$ li juft kuch ta'sir etsa, C nuqtada hosil bo'ladigan reaksiya momentini aniqlang. (400)



34. Mexanizmning 2-sterjeniga gorizontal $F = 3\,kN$ kuch ta'sir etadi. Muvozanatda turgan mexanizm gidrotsilindirining porshenida hosil bo'ladigan bosim kuchini aniqlang. Bunda $AB=BC$. (6)

35. Tasma yordamida bog'langan g'ildiraklarning radiuslari $R = 2r = 40\ sm$ bo'lib, og'irligi $900\,N$ bo'lgan 1-yukni bir tekisda yuqoriga ko'tarish uchun 3-g'ildirakka momenti qancha kattalikdagi juft kuch qo'yish kerak bo'ladi? (90)



36. Mexanizmning 2-sterjeniga gorizontal $F = 3\,kN$ kuch ta'sir etadi. Muvozanatda turgan mexanizm gidrotsilindirining porshenida hosil bo'ladigan bosim kuchini aniqlang. Bunda $AB=BC$. (6)

GLOSSARIY

ATAMANING O‘ZBEK TILIDA NOMLANISHI	ATAMANING INGLIZ TILIDA NOMLANISHI	ATAMANING O‘ZBEK TILIDA MA’NOSI	ATAMANING INGLIZ TILIDA MA’NOSI
Statika	Statics	Moddiy jismlarning muvozonati ularga qo‘yilgan kuchlarni qo‘shish, ayiirish va kuchlarni ta’sir jixatidan teng bo‘lgan ekvivalent kuchlar sistemasiga almashtirish masalalari ko‘riladi.	Section of theoretical mechanics, which sets forth the general theory of forces and studies the conditions for the equilibrium of material bodies.
Mexanik harakat	force	Jismlarning boshqa jismlarga nisbatan xarakati.	The change in the course of time of the mutual position in the space of material bodies or the mutual position Parts of a given body.
Mexanika	Mechanics	Jismlarning mexanik harakati va o‘zaro mexanik ta’siri to‘g‘risidagi ilmiy ta’limot.	The science of mechanical motion and the mechanical interaction of material bodies.
Absolyut qattiq jism	The rigid body	Har qanday ta’sirda ham ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o‘zgarmasdan qoladigan jism.	A material body in which the distance between any two points is always the same
Kuch	force	Jismlarning bir-birlariga ko‘rsatgan o‘zaro ta’sirlarining miqdor o‘lchovi.	A vector quantity that is a measure of the mechanical action of one material body on another
Bog‘lanishlar	relationship	Jismlarning fazoda yoki tekislikdagi harakatiga qo‘yilgan to‘siqlar (cheklar).	Bodies that limit the movement of the body in question.
Bog‘lanishlar reaksiyasi	Reaction of the relationship	Jism harakatiga qo‘yilgan to‘siqlar (bog‘lanishlar)ning jismga ta’sir kuchi.	The strength with which the connection acts on the body, preventing it from moving in one direction or another.
Erkin qattik jism	Free rigid body	Harakatlanishiga hech qanday to‘siq bo‘lmagan jism.	A solid body whose movements are not subject to any restrictions

Deformatsiya	deformation	Kuchlar ta’sirida jismlarning shakli, o‘lchami va xajmining o‘zgarishi.	The change in the relative position of the points of a rigid body, at which the distance between them changes, as a result of external influences.
Kuch	Power	Jismlarning mexanik ta’sirining belgilovchi kattalik	Quantitative measure of the mechanical interaction of bodies
Kuchning ta’sir chizig‘i	Line of the action of power	Kuch yo‘nalgan to‘g‘ri chiziq	Direct, along which the vector representing force
Kuchlar sistemasi	System of power	Mexanik sistema (jism)ga ta’sir etuvchi kuchlar to‘plami	Any set of forces acting on a mechanical system
Kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi	Resultant system of power	Jismga ta’sir etadigan kuchlar sistemasining jismga ta’sirini almashtira oladigan yagona kuch	Force equivalent to this system of forces
Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi	Balanced system of power	Jismga ta’sir etganda jismning muvozanati buzilmaydigan (bir – birlarini muvozanatlaydigan) kuchlar sistemasi	A system of forces that, when applied to a free solid body at rest, does not lead it out of this state.
Ekvivalent kuchlar sistemasi	Equivalent system of power	Jismga ta’siri bir xil bo‘lgan turli kuchlar sistemasi	Force systems that act on the body equally
Kesishuvchi kuchlar sistemasi	System reconverging	Ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasi	A system of forces whose lines of action intersect at one point
Kuchlar sistemasi	System of power	Mexanik sistema (jism)ga ta’sir etuvchi kuchlar to‘plami	Any set of forces acting on a mechanical system
Og‘irlik markazi	center of gravity	Jismni tashkil etgan nuktalar og‘irlik kuchlarining teng ta’sir etuvchisi (jismning og‘irligi) qo‘yilgan nuqta.	Invariably connected with the solid body point through which the resultant of the forces of gravity acting on the particles of this body at any position of the body in space
Juft kuch	pair of power	O‘zaro parallel, yo‘nalishi qarama-qarshi, modul jihatdan teng bo‘lgan va bir to‘g‘ri chiziqda yotmagan ikki kuchdan iborat bo‘lgan sistema.	Two equal in magnitude and opposite in the direction of parallel forces, applied to one body

Juft kuch elkasi	shoulder pair(vapour)s power	Juft kuchlarning ta’sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofa.	The distance between the lines of action of the forces of the pair
Ishqalanish kuchi	power of friction	Ishqalanuvchi sirtlarning notekisligi va sirtlar chetlaridagi molekulalarning o‘zaro ta’siri tufayli vujudga keladigan, harakatga teskari yo‘nalgan kuch.	The force of resistance in the relative displacement of one body over the surface of another under the influence of an external force
Ishqalanish koeffitsienti	factor of friction	Ishkalanuvchi yuzalarning materialiga va yuzalarining holatiga bog‘liq bo‘lgan koeffitsient.	Coefficient of friction, a quantitative characteristic of the force necessary to slip or move one material over the surface of another
Ishqalanish burchagi	corner of friction	Tangensi ishqalanish koeffitsientiga teng bo‘lgan kattalik.	The angle formed when the reaction forces of two bodies deviate from the common normal to their contact surface due to the presence of frictional forces
Traektoriya	Path	Jism yoki nuqtaning fazoda (tekislikda) harakatlanishi natijasida qoldirgan izi.	The line that the point describes in its motion
Nuqtaning tezligi	Velocity of the point	Nuqtaning harakat tenglamasidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli xosila.	The kinematic measure of the motion of a point, equal to the time derivative of the radius of the vector of this point in the considered reference frame
Nuqtaning tezlanishi	Speedup of the point	Nuqta tezligining vaqt bo‘yicha o‘zgarishini harakterlovchi kattalik.	The measure of the change in the velocity of a point, equal to the time derivative of the velocity of this point in the reference frame
Ilgarilanma harakat	Translational motion	Ilgarilanma harakat -Jismdan olingan ixtiyoriy kesma, jismning harakati davomvda o‘zining oldingi xolatiga nisbatan parallel xolda ko‘chadigan harakat.	Movement of the body, in which the straight line connecting any two points of this body moves, remaining parallel to itself

Aylanma harakat	Rotational motion	Aylanma harakat -1. Jismning harakati davomvda jismga tegishli bo‘lgan to‘g‘ri chiziqdagi nuqtalarning (yoki jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi) qo‘hg‘almasdan qolishi(o‘q, atrofidagi aylanma harakat).	The motion of a rigid body, in which two of its points remain immovable all the time
Burilish burchagi	Angle of rotation	Burilish burchagi-Jismga biriktirilgan qo‘zg‘aluvchan tekislik bilan jism harakati nisbatan o‘rganilayotgan qo‘zg‘almas tekislik orasidagi burchak.	The angle between two successive positions of the half-plane, invariably connected with the body and passing through its axis of rotation
Burchak tezlik	Angular velociti	Burchak tezlik-Oniy aylanish o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan, elementar burilish burchagining, ushbu burilish uchun ketgan elementar vaqtga nisbati bilan aniqlanuvchi aylanma harakatning kinematik o‘lchovi $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$.	A quantity characterizing the speed of rotation of a rigid body $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$.
Burchak tezlanish	Angular acceleration	Burchak tezlanish-Aylanma harakat burchak tezligidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli yoki aylanma harakat tenglamasidan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli xosila $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$.	A quantity characterizing the rate of change in the angular velocity of a solid body $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$.
Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi harakati	Rigid body motion around a fixed point	Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi harakati-Tekshirilayotgan sanok, sistemasiga nisbatan qattiq jismning aylanma harakati davomida uning bitta nuqtasining qo‘zg‘almasdan qolishi.Eslatma: Bunday harakatga sferik harakat ham deyiladi.	The motion of a body in which one of its points remains immovable all the time in the reference system under consideration.
Oniy aylanish o‘qi	The instantaneous axis of rotation	Oniy aylanish o‘qi-Qo‘zg‘almas nuqtaga ega bo‘lgan jismning shu nuqta atrofida bir xolatdan unga cheksiz yaqin bo‘lgan xolatga o‘tadigan to‘g‘ri chiziq.	A straight line by turning around which a body having a fixed point moves from a given position to a position infinitely close to a given one.

Tekis parallel harakat	Plane-parallel movement	Tekis parallel harakat -Jismning harakati davomida uning hamma nuqtalarining berilgan qo‘zg‘almas tekislikka parallel bo‘lgan tekislikda harakatlanishi (ko‘chishi).	The motion of a rigid body, in which all its points move parallel to some fixed plane
Tezliklar oniy markazi	Instant Center speeds	Tezliklar oniy markazi -Tekis parallel harakatdagi jismning berilgan vaqt momentida(onda) tezligi nolga teng bo‘lgan nuqtasi.	The point of a plane figure whose velocity at a given time is zero
Tezlanishlar oniy markazi	Instant acceleration Center	Tezlanishlar oniy markazi-Tekis shaklning berilgan vaq momentida (onda) tezlanishi nolga teng bo‘lgan nuqtasi.	The point of a plane figure whose acceleration at a given time is zero.
Murakkab harakat	Compound motion	Murakkab harakat-Nuqta (jism)ning bir vaqtning o‘zida bir nechta harakatlarda ishtirok etishi.	The motion of a point or a body, investigated simultaneously in the main and mobile (moving) frames of reference
Absolyut harakat	Absolute motion	Absolyut harakat-Nuqta (jism)ning asosiy sanoq (qo‘zg‘almas) sistemasiga nisbatan harakati.	Movement of a point (body) with respect to a fixed frame of reference.
Nisbiy harakat	Relative motion	Nisbiy harakat-Nuqta (jism)ning qo‘zg‘aluvchan sanoq sistemasiga nisbatan harakati.	The motion of a point (or body) with respect to a moving frame of reference
Absolyut tezlik	Ground speed	Absolyut tezlik-Absolyut harakatdagi tezlik $\vec{V}_{абс} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ moduli $V_{абс} = \sqrt{V^2{}_r + V^2{}_e + 2V_r V_e \cos\alpha}$	Speed of a point with respect to a fixed reference frame $\vec{V}_{абс} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ modul $V_{абс} = \sqrt{V^2{}_r + V^2{}_e + 2V_r V_e \cos\alpha}$
Nisbiy tezlik	Relative speed	Nisbiy tezlik-Nisbiy harakatdagi tezlik.	Speed of a point with respect to a moving reference frame
Ko‘chirma tezlik	Portable speed	Ko‘chirma tezlik-Ko‘chirma harakatdagi tezlik.	The speed of the one that is invariably connected with the moving frame of reference of the point of space with which at a given time the moving point
Absolyut tezlanish	The absolute acceleration	Absolyut tezlanish-Absolyut harakatdagi tezlanish $\vec{a}_{абс} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{кор}$ .Eslatma:	Acceleration of a point with respect to a fixed reference frame

		Absolyut tezlanish moduli, ko‘chirma harakat ilgarilama harakatdan iborat bulganda $a_{абс} = \sqrt{a^2{}_r + a^2{}_e + 2a_e a_r \cos\alpha}$.	$\vec{a}_{абс} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{кор}$ modul $a_{абс} = \sqrt{a^2{}_r + a^2{}_e + 2a_e a_r \cos\alpha}$
Eyler burchaklari	Euler angles	Eyler burchaklari-Jismga biriktirilgan qo‘zhaluv chan koordinata sistemasining qo‘zg‘almas koordinata sistemasiga nisbatan vaziyati (xolati)ni aniqlovchi bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan erkin o‘zgaruvchi burchaklar.	Euler angles angles describing the rotation of an absolutely rigid body in a three-dimensional Euclidean space ϕ, φ, θ
Nisbiy tezlanish	The relative acceleration	Nisbiy tezlanish-Nisbiy harakatdagi tezlanish.	Acceleration of a point with respect to a moving reference system
Ko‘chirma tezlanish	Portable acceleration	Ko‘chirma tezlanish-Ko‘chirma harakatdagi tezlanish.	Acceleration of the one that is invariably connected with the moving frame of reference of the point of space with which at a given moment of time the moving point coincides with the moving point
Koriolis tezlanishi	Coriolis acceleration	Koriolis tezlanishi-Murakkab harakatda ko‘chirsh harakat iltarilanma harakatdan iborat bo‘lmagan holda mavjud bo‘lgan tezlanish. Nisbiy harakat tezlik vektori va ko‘chirma harakati burchak tezliklarining vektor ko‘paytmasining ikkilanganligiga teng bo‘lgan katgalik.	With a complex motion of a point, the component of its absolute acceleration is equal to twice the vector product of the angular velocity of the mobile motion by the relative velocity of the point
Dinamika	Dynamics	Dinamika–Moddiy jismlarning xarakati shu xarakatni vujudga keltiruvchi kuchlar bilan birgalikda tekshirish masasalasi ko‘riladi.	Section of mechanics, in which the motion of bodies is studied under the action of forces applied to them
Absolyut qattiq jism	Perfectly rigid body	Absolyut qattiq jism -Har qanday ta’sirda ham ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o‘zgarmasdan qoladigan jism.	A material body in which the distance between any two points is always the same
Massa	Weight	Massa-1. Jismlarda bor bo‘lgan modda miqdori. 2. Jismlarning inertlik va	One of the basic physical characteristics of matter, which is a measure of its

		gravitatsion xususiyatlarini belgilovchi asosiy kattaliklardan biri.	inertial and gravitational properties
Moddiy nuqta	Material point	Moddiy nuqta–Jismning harakati yoki muvozonatini tekshirishda o‘lchamlari va shaklining ahamiyati bo‘lmagan, massasi bir nuqtada joylashgan deb qaraladi.	Geometrical point with mass
Ko‘chish	Displagement	Ko‘chish-Traektoriyaning boshlang’ich va oxirgi nuqtalarini birlashtiruvchi to‘g‘ri chiziq.	A vector connecting the positions of the moving point at the beginning and at the end of a certain time interval
Erkin harakat	Free movement	Erkin harakat -Jismning fazoda istalgan tomonga harakatlana olishi yoki jism harakatiga xech qanday to‘siq (chek)ning yo‘qligi.	Moving body in space, not limited to other bodies
Tebranma harakat	Vibration motion	Tebranma harakat-Muvozanat tomon yo‘nalgan kuchlar ta’siridagi jism (nuqta)ning harakati.	Mechanical vibrations are movements that repeat at regular intervals. If the time intervals are the same, then such oscillations are called periodic.
Tebranma harakat tenglamasi	The equation of oscillatory motion	Tebranma harakat tenglamasi -Jism (nuqta)ning tebranma harakatini ifodalovchi tenglama.	Function expressing the dependence of the coordinate of a point on time
Garmonik yoki erkin tebranma harakat	Float	Garmonik yoki erkin tebranma harakat-Harakat qonununi $X = A\cos kt + B\sin kt$, ko‘rinishda bo‘lgan harakat.	Periodic changes in physical quantity, occurring according to the law of the sine $X = A\cos kt + B\sin kt$,
So‘nuvchi tebranma harakat	Damped oscillatory motion	So‘nuvchi tebranma harakat-Muhitning qarshiligi tufayli vaqt o‘tishi bilan so‘nadigan tebranma harakat.	Vibrational motion, the amplitude of which decreases with time
Majburiy tebranma harakat	Forced oscillation motion	Majburiy tebranma harakat -Doimiy ta’sir etib turuvchi kuch (kuchlar) ta’siridagi tebranma harakat.	Vibrational motion caused by the action of a driving force
Uyg‘otuvchi (majburlovchi) kuch	Driving force	Uyg‘otuvchi (majburlovchi) kuch -Jism (nuqta)ning majburiy tebranma harakatini vujudga keltiruvchi kuch.	Variable in time and the force that does not depend on the state of the mechanical system, which causes the oscillations of

			this system
Tebranish amplitudasi	Amplitude of oscillation	Tebranish amplitudasi - Tebranayotgan jismning muvozanat vaziyatidan eng chetga chiqish masofasi.	The greatest deviation (from the average) value of a quantity that performs harmonic oscillations
Tebranish chastotasi	Oscillation frequency	Tebranish chastotasi - 1sekunddagi tebranishlar soni $V=\frac{1}{T}$	Number of total oscillations per unit time
Doiraviy(siklik) chastota	Circular frequency	Doiraviy(siklik) -2π sekund vaqt ichidagi nuqdaning to'la tebranishlari soni $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi v$	Number of complete oscillations in 2 π seconds
Rezonans hodisasi	The phenomena of rezonance	Rezonans hodisasi-Majburiy tebranma harakat chastotasi bilan erkin (xususiy) tebranma harakat chastotasi o'zaro mos (teng bo'lib) kelib tebranma harakat amlitudasining keskin oshib ketishi.	The phenomenon of a sharp increase in the amplitude of the oscillations
Tebranish davri	The period of oscillation	Tebranish davri-Bir to'la tebranish uchun ketgan vaqt .	The time of one complete swing
Tebranish fazasi	The phase of the oscillation	Tebranish fazasi-Garmonik tebranma harakat tenglamasidagi sin yoki cos larning argumenti bo'lgan $(\omega t+\varphi_0)$ ifoda. Eslatma: Bu erda φ_0 boshlang'ich faza deyiladi.	Periodically changing argument of the function describing the oscillatory process $(\omega t+\varphi_0)$ φ_0 -Initial phase
Mexanik sistema massasi	Weight of the mechanical sustem	Mexanik sistema massasi-Sistemani xosil qiluvchi nuqtalar massalarining yig'indisi.	The sum of the masses of the material points forming the system
Qattiq jism	solid	Qattiq jism – Tashqi kuchlar ta'siridan ixtiyoriy ikkita nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmasdan qoladigan jism.	A material body in which the distance between any two points is always the same
Inersiya momenti	Moment of inertia	Inersiya momenti – mexanik sistema yoki qattiq jismning nuqta yoki biror o'q atrofidagi aylanma xarakatida massalar taqsimotini xarakterlovchi kattalik.	A quantity that characterizes the distribution of masses in the body and is, along with the mass, a measure of the inertia of the body in an uneventful

			movement.
Moddiy nuqtaning harakat miqdori	The amount of movement of a material point	Moddiy nuqtaning harakat miqdori – Nuqta massasini uning tezligiga ko‘paytmasi orqali aniqlanuvchi vektor kattalik.	The measure of mechanical motion, equal for the material point to the product of its mass by the speed
Mexanik sistemaning harakat miqdori	The amount of movement of the mechanical sistem	Mexanik sistemaning harakat miqdori – Sistema nuqtalari xarakat miqdorlarining geometrik yig‘indisidan tashkil topgan vektor kattalik.	The geometric sum of the number of motions of the points of the system
Kuch impulsi	Impulse force	Kuch impulsi – moddiy nuqta yoki mexanik sistemaga vaqt birligi ichida ta’sir etuvchi kuch.	Measure the action of force in a certain period of time
Massalar markazi	The center of mass	Massalar markazi-Massalar markazining geometrik o‘rni.	(The center of inertia) of the body (a system of material points), a point whose position characterizes the distribution of masses in the body or mechanical system
Kuchning ishi	Work force	Kuchning ishi – Kuchning o‘z ta’siridan ko‘chishiga ko‘paytmasi.	A measure of the action of the force, depending on the numerical magnitude and direction of the force F and on the displacement s of its application point
Quvvat	Power	Quvvat – Vaqt birligi ichida bajarilgan ish.	A mechanical quantity that determines the amount of work per unit of time
Moddiy nuqta kinetik energiyasi	The kinetic energy of a point	Moddiy nuqta kinetik energiyasi –nuqta massasini tezlik kvadrati ko‘paymasining yarmi.	Scalar measure of mechanical motion, equal to half the product of the mass of the material point per square of its velocity
Sistemaning kinetik energiyasi	The kinetic energy of the sistem	Sistemaning kinetik energiyasi– Sistema nuqtalari kinetik energiyalarining yig‘indisi.	The value equal to the sum of the kinetic energies of all points of the mechanical system
Mexanik bog‘lanishlar	Mechanical connection	Mexanik bog‘lanishlar-Tekshirilayotgan mexanik sistemaning holatiga yoki harakatiga qo‘yilgan	Restrictions imposed on the position or motion of the mechanical system

		cheklashlar.	
Tashqi kuchlar	External forces	Tashqi kuchlar-Mexanik sistemaga boshqa sistemalar (tashqi) tomonidan ko‘rsatiladigan ta’sir kuchlar.	External forces are called forces acting on points of the system from the side of points or bodies that are not part of this system.
Ichki kuchlar	Internal forces	Ichki kuchlar - Sistema nuqtalari orqali o‘zaro ta’sir etuvchi kuchlar.	Internal forces are called forces acting on points of the system from the side of other points or bodies of the same system.
Mexanik sistemaning muvozanati	The equilibrium of a mechanical sustem	Mexanik sistemaning muvozanati-Tekshirilayotgan sanoq sistemasiga nisbatan sistemaning barcha nuqtalarining kuchlar ta’sirida tinch ho‘latda bo‘lishi.	The state of the mechanical system, in which all its points under the action of the applied forces remain at rest in relation to the reference frame in question.

FAN DASTURI, ISHCHI FAN DASTURI, TARQATMA MATERIALLAR, TESTLAR, BAHOLASH MEZONLARI.

,

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

Ro‘yxatga olindi №________________	Oliy va o‘rta maxsus ta'lim vazirligi ________________________________
201__ yil________	201__ yil “____” ______

MEXANIKA -1
FAN **DASTURI**

Bilim sohalari : 100 000 – Gumanitar soha;
300 000 –Ishlab chiqarish texnik soha;
600 000 – Xizmatlar sohasi;

Ta'lim sohalari: 310.000 - Muhandislik ishi

Ta'lim yo‘nalishlari: Ta'lim sohalari tarkibidagi barcha ta'lim yo‘nalishlari

Toshkent – 2017

Fan dasturi Oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta'limi yo‘nalishlari bo‘ylcha O‘quv-uslubiy birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi kengash ning 201 yil “___”_______dagi “____”- sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan.

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 201 yil “___”_______dagi “____” buyrug’ining _______ilovasi bilan fan dasturi ro‘yxati tasdiqlangan.

Fan o‘quv dasturi Toshkent davlat texnika universitetida ishlab chiqildi.

Tuzuvchilar:

Karimov K.A. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

Mirsaidov M.M. - Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti «Qurilish mexanikasi va materiallar qarshiligi» kafedrasi mudiri, professor, texnika fanlari doktori.

Xabibullaeva X.N.- Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi dotsenti

Taqrizchilar:

Zokirov A.X. - O‘zbekiston Milliy universiteti «Nazariy va tadbiqiy mexanika» kafedrasi dotsenti ,fizika-matematika fanlari nomzodi.

Karimov R. I. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

Fan o‘quv dasturi Toshkent davlat texnika universiteti Kengashida ko‘rib chiqilgan va tavsiya qilingan (201 «_______________ » dagi «____» sonli bayonnoma)

1.Fanning oily ta’limdagi o‘rni

Ushbu o‘quv dasturi «Nazariy mexanika» fanining ta'lim sohasidagi keltirilgan bakalavriat ta'lim yo‘nalishilari bo‘yicha Davlat ta'lim standartlariga muvofiq bakalavrlar tayyorlashni amalga oshiradigan ta'lim muassasalari uchun tuzilgan.

Dasturni tuzishda texnika yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda ishtirok etayotgan yirik oliy o‘quv yurtlarining "Nazariy mexanika" fanini o‘qityotgan kafedralar tajribasi, hamda rivojlangan mamlakatlar oliy o‘quv yurtlarida "Nazariy mexanika" fanidan qo‘llanib kelingan dasturlar o‘rganib chiqilgan va bakalavrlarga qo‘yilgan talablar asos qilib olingan.

«Nazariy mexanika» fanini o‘zlashtirishda talabalar umumta'lim fanlaridan: analitik geometriya, differensial geometriyadan ba'zi ma'lumotlarni, oliy algebra, matematik tahlil, differensial tenglamalar nazariyasini va boshqa matematik fanlar, fizika, chizma geometriya va informatika fanlaridan o‘zlashtirgan bilimlariga asoslanadilar. Hozir informatsion texnologiyalar, yadro energetikasi, kosmonavtika va elektronikaning rivojlanishi natijasida mexanikada turlicha fizik tabiatga xos elektromagnit, issiqlik, yorug‘lik va ximiyaviy xususiyatlariga ega bo‘lgan kuchlar ta'siridagi tizimlarning harakatini o‘rganishga oid masalalar qo‘yilmokda. Texnikaning barcha sohalarida, ayniqsa, umumiy mashinasozlik, asbobsozlik, qurilish, avtomatika, mikrorobotlar texnikasida, meditsinada, hisoblash texnikasida, hamda maxsus texnika va kosmos rivojlanishida va ularning mexanizmlarini yaratishda talabalarning «Nazariy mexanika» fanidan olgan bilimlari asosiy o‘rinni egallaydi.

2. O‘quv fanining maqsadi va vazifalari

Zamonaviy texnikaning barcha sohalarining rivojlanishi, texnologik jarayonlar va ularga qo‘yilayotgan talablarni hisobga olgan holda yangi ilmiy masalalarni yechish nihoyat darajada dolzarbdir. Shu talablarga javob bera oladigan mexanik muammolarni nazariy asoslarini yaratish, yaratish, o‘z navbatida, talabalarga «Nazariy mexanika» fanini o‘qitishdan asosiy maqsadlar nimalardan iborat ekanligini asoslab berish uchun dasturulamal bo‘la oladi.

Fanni o‘zlashtirishda dars – ta'limning asosiy shakli ekan, u ilmiy, tizimli, tushunarli, ongli va faol bo‘lishi, bilimlar mustaxkam o‘zlashtirilishi, talabaning shaxsiy xususiyatlari e'tiborga olingan xolda tashkil etilishi lozimdir. Bakalavrlarga «Nazariy mexanika» fanini o‘rgatishdan maqsad, uni kelgusi ilmiy-texnikaviy taraqqiyot jarayonida uchraydigan turlicha masalalar va yangiliklarni mustaqil ravishda hal qilishini ta'minlashdan iborat. Shu bilan birga «Nazariy mexanika» fanini o‘rganish, bo‘lajak bakalavrni dunyoqarashini, fikrlash qobiliyatini o‘stirishga, nazariy bilimlarni tadbiqiy masalalarni yechishga qo‘llay olish qobiliyatini shakllantirish uchun yordam berishi lozimdir. «Nazariy mexanika» fani fizika-matematika fanlari singari, umumilmiy fundamental fanlarning biri sifatida o‘rganiladi. «Nazariy mexanika» fani esa barcha texnika fanlarining asosini tashkil etadi.

3. Fan bo‘yicha talabalarning bilimiga, ko‘nikma va malakasiga qo‘yiladigan talablar.

O’quv fanini o’zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

- nazariy mexanika fani bo‘yicha tabiatda sodir bo‘ladigan barcha mexanik harakatlarni umumiy qonuniyatlarini va bu qonunlarni barcha turdagi mashina hamda mexanizmlar harakatiga qo‘llashni va sodir bo‘layotgan harakatning barqarorligini hamda ustivor kechishi ***haqida tasavvurga ega bo‘lishi;***
- mashina va mexanizm qismlarining tezlik va tezlanishini hamda ularga ta'sir etuvchi kuchlarning o‘zgarish qonuniyatlarini;
- jismlarning muvozanat tenglamalari, mexanikaning asosiy qonunlari, teoremalari, prinsiplari, harakatning ustivorligi va barqarorligi, mexanik sistemaning harakati va muvozanatini ***bilishi va ulardan foydalana olishi;***
- harakat sodir bo‘layotgan fazo va uning hossalarini hamda ishlab chiqarish texnologik jarayonlariga eng sodda fizik va matematik modellarni qurish va bu modellar asosida texnologik jarayonni barqarorligini ta'minlash ***ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.***

Qo’yilgan vazifalar o’qish jarayonida talabalarning ma’ruza, tajriba va amaliy mashg’ulotlarida faol ishtirok etishi, adabiyotlar bilan mustaqil ishlashi va o’qituvchi kuzatuvida mustaqil ta’lim olishi bilan amalga oshadi.

4. Fanning o‘quv rejasidagi boshqa fanlar bilan o‘zaro bog‘liqligi va uslubiy jihatdan uzviyligi

«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlardan biridir. Dasturni amalga oshirish o‘quv rejasida rejalashtirilgan tabiiy fanlar (oliy matematika, fizika, informatika, chizma geometriya) fanlaridan yetarli bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lishni talab etadi. O‘z navbatida esa moddiy jismlarning o‘zaro ta'siri va mexanik harakati o‘rganiladigan bir qator fanlar mexanika nomi bilan bog‘liqdir. Ishchi organlarning harakati o‘rganiladigan mashina va mexanizmlar nazariyasi, amaliy mexanika, suyuqliklar va ularga botirilgan jismlarning harakati o‘rganiladigan gidromexanika, gazsimon jismlarning harakati va qattiq jismlarning gazsimon muhitdagi harakati o‘rganiladigan aeromexanika, tirik organizmlarning mexanik xossalari va ularda sodir bo‘ladigan mexanik hodisalar o‘rganiladigan biomexanika kabi fanlar shular jumlasidan. Turli inshootlar, mashina va mexanizm qismlarini tadqiq qilish hamda loyihalashning umumiy usullari o‘rganiladigan texnika fanlari materiallar qarshiligi va mashina detallari ham mexanikaga taalluqdir. Ishlab chiqarish protsesslarining mexanizatsiyalashtirilishi va avtomatlashtirilishi, xamda turli xil inshootlarni loyixalash ishlari umumtexnika fanlarining asosi boʻlgan nazariy mexanikani puxta oʻrganishni talab qiladi.

5. Fanning ishlab chiqarishdagi oʻrni

Mexanika sohasidagi izlanishlar matematikaning rivojlanishiga katta xissa qoʻshgan va qoʻshib bormoqda.Klassik mexanika ilmiy–texnik rivojlanishining poydevoridir. Mexanika fanidan tushunchaga ega boʻlmay, texnik fanlarni oʻrganish mushkuldir. Mexanika fani texnikaning barcha sohalaridagi nazariy va amaliy hisoblashlarning va loyihalashlarning asosidir. Mexanika qonunlaridan qurilishning barcha sohalariga mansub boʻlgan inshootlarni loyihalashda foydalaniladi.

Mexanika yer haqidagi fanning asosini tashkil qiladi. Bularga matematik metrologiya, okean toʻlqinlarini va daryo oqimlarini oʻrganish, seysmologiya kiradi. Mexanika qonunlariga xayvonlarning koʻchishi, qushlarning uchishi, baliqlar harakati va qon tomirlaridagi qon harakati boʻysunadi. Plazma harakati, zaryadlangan zarrachalarning magnit va elektr maydonidagi harakati ham mexanika qonunlariga boʻysunadi.

Mexanika samolyotsozlik, raketa harakati nazariyalari uchun xam asosdir.

Raketa va aviatsiya texnikasining rivojlanishi nazariy mexanikaning oʻzgaruvchan massalar mexanikasi, nisbiy harakat mexanikasi, giroskop nazariyasi va harakatlarning ustivorligi, kichik tebranishlar nazariyasi, mexanikaning variatsion masalalari va optimallashtirish masalalari kabi boʻlimlarining rivojlanishi bilan chambarchas bogʻliqdir.

Yuqorida keltirilgan misollarga asosan ta'kidlash mumkinki, «Nazariy mexanika» fani barcha texnika fanlarining rivojlanishi uchun asosiy poydevordir.

6.Fanni oʻqitishda yangi informatsion - pedagogik texnologiyalar

Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan boʻlgan «Nazariy mexanika» fanini talabalar tomonidan chuqur oʻzlashtirilishi uchun oʻquv jarayonining ilgʻor va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion va pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni oʻzlashtirishda darslik, oʻquv va uslubiy qoʻllanmalar, ma'ruza matnlari, multimediya usullari, elektron oʻquv qoʻllanmalari, bannerlar, koʻrgazma qurollari, plakatlar, oʻquv mashgʻulotlarini bajarish imkoniyatini beradigan zamonaviy kompyuter texnikasidan unumli foydalanish yaxshi samaralar beradi. Talabalarga ma'ruza va amaliy mashgʻulotlarni oʻtishda, hisoblash - grafik ishlarini bajarishda va himoya qilishda oʻquv mashgʻulotlarini bajarish imkoniyatini beradigan zamonaviy kompyuter texnikasidan, har bir mavzuni virtual tasavvur orqali oʻqitilishini ta'minlovchi demonstratsion uskunalar va oʻquv koʻrgazmali qurollar toʻplamidan foydalaniladi.

7. Asosiy qism.
Nazariy mashg‘ulotlarining mazmuni
Nazariy mexanikaga kirish
Statika.
1-modul. Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari.

1-mavzu. Qattiq jism statikasi. Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari: mutloq /absolyut/ qattiq jism, kuch, muqobil /ekvivalent/ va muvozanatlashgan kuchlar tizimlari, teng ta'sir etuvchi. Statika aksiomalari. Bog‘lanishlar va bog‘lanish reaksiyalari. Bog‘lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.

2- modul. Kesishuvchi kuchlar tizimi.

2- **mavzu.**Kesishuvchi kuchlar tizimi. Kuchlarni qo‘shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo‘yilgan va kesishuvchi kuchlar tizimsi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik usulda qo‘shish. Kesishuvchi kuchlar tizimi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar tizimi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

3-modul.Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti

3-mavzu.Kuch momenti. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning nuqta nisbatan momenti vektori. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti bilan shu o‘qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat.

4-**mavzu.** Juft kuchlar nazariyasi. Juftning algebraik momenti. Juft kuch moment vektori. Juft kuch momenti haqidagi teorema. Juftlarning muqobilligi haqida teorema va natijalar. Juftni o‘zining ta'sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish haqidagi teorema. Bir tekislikda joylashgan juftlarni qo‘shish. Kesishuvchi tekislikdagi juftlarni qo‘shish. Juftlar tizimsining muvozanat shartlari.

5-**mavzu.** Ferma haqida tushunchalar. Ferma sterjenlaridagi zo‘riqishlarni tugunlarni kesish va Ritter usuli bilan aniqlash. Statik aniq va statik noaniq fermalar.

4-modul. Kuchlarni bir markazga keltirish

6-**mavzu.** Kuchni o‘ziga parallel ko‘chirish. Fazoda ihtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi. Fazoviy kuchlar tizimi.ni bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar tizimining bosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar tizimsining invariantlari. Fazoviy kuchlar tizimini juftga yoki teng ta'sir etuvchiga keltiriladigan hollar. Varinon teoremasi. Fazoviy kuchlar tizimi.muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Xususiy hollarda muvozanat shartlari.

7-**mavzu.** Tekislikdagi kuchlar tizimi. Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanati. Tekislikdagi kuchlar tizimi muvozanat shartlarining uch xil ko‘rinishda ifodalanishi. Tekislikdagi parallel kuchlar tizimining muvozanati. Yuzaga tekis taralgan kuchlar va ularni to‘plangan kuch bilan almashtirish. Bir necha jismdan tashkil topgan tizim muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

5-modul. Ishqalanish

8-**mavzu.** Sirpanishdagi va dumalashdagi ishqalanish. Ishqalanish koeffitsienti. Ishqalanish burchagi va ishqalanish konusi. Muvozanat sohasi.

6-modul. Parallel kuchlar markazi va og‘irlik markazi

9-**mavzu.** Parallel kuchlar tizimsini teng ta'sir etuvchiga keltirish. Parallel kuchlar markazi va uning radius-vektori, hamda koordinatlarini aniqlash formulalari. Qattiq jismning og‘irlik markazi. Bir jinsli hajm, yuza va chiziqning og‘irlik markazi. Jismning og‘irlik markazi holatini aniqlash usullari.

Kinematika.

7-modul. Nuqta kinematikasi

10-**mavzu.** Kinematikaga kirish. Kinematikaning asosiy tushunchalari. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi. Sanoq tizimsi.

Nuqta kinematikasi.Nuqta harakat qonunining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi /traektoriyasi. Nuqtaning tezlik va tezlanishi.Nuqtaning tezlik va tezlanishvektorlari. /Tezlik godografi/.

11-**mavzu.** Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash. Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning tabiiy uch yoqlik o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash; urinma va normal tezlanishlar. Nuqta tezligi va tezlanishini qutb koordinatalarida aniqlash.

8-modul. Qattiq jismning sodda harakatlari

12-**mavzu** Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqidagi teorema.
Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi, hamda ularni vektor tarzda tasvirlash.

13-**mavzu** Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi. Eyler formulasi. /Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko‘paytma orqali ifodalash/.

9-modul. Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi harakati yoki sferik harakat

14-**mavzu.** Qattiq jismning sferik harakati.Eyler burchaklari. Qattiq jismning qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi harakatining tenglamalari.

15-**mavzu.** Jismning oniy aylanish o‘qi. Jismning aylanish oniy burchak tezligi va aylanish burchak tezlanishi, hamda ularning vektorlari. Qo‘zg‘almas nuqtasi bo‘lgan jism nuqtalari tezlik va tezlanishlarini aniqlash.Eylerning kinematik tenglamalari.

10-modul. Qattiq jismning tekis-parallel harakati

16-**mavzu.** Qattiq jismning tekis harakati va uni tekis shaklining o‘z tekisligidagi harakatga keltirish. Tekis-parallel harakat tenglamalari. Tekis shakl harakatini qutb bilan birgalikda oniy ilgarilanma va qutb atrofida oniy aylanma harakatlarga ajratish. Burchak tezlik va burchak tezlanishning qutb tanlanishiga bog‘liq emasligi. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash. Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining proeksiyalari haqidagi teorema.
17-**mavzu.** Tezliklar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash.

11-modul. Murakkab harakat

18-**mavzu.** Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq /absolyut/ harakatlari. Ko‘chirma harakat, ilgarilanma yoki qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat bo‘lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo‘shish haqidagi teoremalar. Koriolis tezlanishi.
19-**mavzu.** Qattiq jismyning murakkab harakati. Erkin qattiq jism harakatining umumiy holi. Erkin qattiq jismning harakat tenglamalari. Bu harakatni qutb nuqtasi bilan birgalikdagi ilgarilama harakat va qutb nuqtasi atrofidagi aylanma harakatlarga ajratish. Erkin qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.
20-**mavzu.** Qattiq jismning kesishuvchi o‘qlar va o‘zaro parallel o‘qlar atrofidagi aylanma harakatlarini qo‘shish. Juft aylanish holi. Kinematik vint holi. Oniy vint o‘qi.

Dinamika.

12-modul. Dinamikaga kirish. Dinamikaning asosiy qonunlari.

21-**mavzu.**Asosiy tushunchalar: massa, moddiy nuqta, faol /aktiv/ va passiv kuchlar; o‘zgarmas va o‘zgaruvchi kuchlar. Klassik mexanika Galiley-Nyuton qonunlari. inersion va noinersion hisob tizimlari. Moddiy nuqta harakati differensialtenglamalari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy koordinatalarda ifodalanishi.

Moddiy nuqta dinamikasi.

13- modul. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalari

22-**mavzu.** Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalarini yechish; integrallash o‘zgarmaslari va ularni boshlang‘ich shartlarga ko‘ra aniqlash. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakat differensial tenglamasini sodda hollarda yechish.

14-modul Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari

23-**mavzu.** Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli erkin bir maromdagi /garmonik/ tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi,tebranish davri va tebranish takrorligi /chastotasi/. /Moddiy nuqtaning tezlikni birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuchi ta'siridagi so‘nuvchi tebranma harakati; so‘nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so‘nuvchi harakatlar.
24-**mavzu.** Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans. Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri. (Nuqtaning tebranma harakati kafedra qarori bilan erkinlik darajasi birga teng mexanik tizim tebranma harakatining xususiy holi sifatida o‘tilishi ham mumkin).

15-modul. Moddiy nuqtaning nisbiy harakati

25-**mavzu.** Moddiy nuqtaning nisbiy harakati differensial tenglamalari. Ko‘chirma va Koriolis inersiya /enkinetik/ kuchlari. Koriolis inersiya kuchining yer ustidagi bino va inshootlariga ta'siri. Klassik mexanikaning nisbiylik nazariyasi; nisbiy muvozanat.

16-modul. Mexanik tizim dinamikasiga kirish.

26-**mavzu.** Qattiq jism dinamikasi.Mexanik tizimlar.tizimlar massasi. Tizim massalar markazi va uning koordinatalari. Mexanik tizimlar.ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiyasi. Ichki kuchlarning xossalari.

17-modul. Inersiya momenti

27-**mavzu.** Mexanik tizim va qattiq jismning qutbga, o‘qqa va tekislikka nisbatan inersiya momentlari haqidagi teorema. Inersiya radiusi. Jismning o‘zaro parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari haqida teoremasi. Ba'zi bir jinsli jismlar /sterjen, halqa, silindr, disk, to‘g‘ri to‘rtburchak, sharning o‘qqa nisbatan inersiya momentlari.

(Berilgan nuqtadan o‘tuvchi ihtiyoriy yo‘nalishdagi o‘qqa nisbatan inersiya momenti. Markazdan qochma inersiya momentlari. Inersiya ellipsoidi. Inersiya bosh o‘qlari va bosh momentlari hamda ularning xossalari).

18-modul. Dinamikaning umumiy teoremalari.

28-**mavzu.** Mexanik tizimlar harakatning differensial tenglamalari. Mexanik tizim massalar markazining harakati haqidagi teorema. Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni.
29-**mavzu.** Moddiy nuqta va mexanik tizim harakat miqdori; mexanik tizim harakat miqdorini massalar markazining tezligi orqali ifodalanishi. Kuch

impulsi. Mexanik tizim harakat miqdorining oʻzgarishi haqidagi teoremaning differensial va integral koʻrinishlari. Harakat miqdorining saqlanish qonuni. Moddiy nuqta harakat miqdorining markazga yoki oʻqqa nisbatan momenti. 30-**mavzu.** Mexanik tizim harakat miqdorining markazga yoki oʻqqa nisbatan bosh momenti /kinetik momenti/. Qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanuvchi jismning aylanish oʻqiga nisbatan kinetik momenti. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik momentining oʻzgarishi haqidagi teorema. Kinetik momentning saqlanish qonuni. /Mexanik tizimning massalar markaziga nisbatan kinetik momentning oʻzgarishi haqida teorema/.

31-**mavzu.** Kuchning elementar ishi; uning analitik ifodasi. Kuchning chekli oraliqdagi ishi. Ogʻirlik kuchi, elastiklik kuchi, tortishish kuchi, ishqalanish kuchi va aylanuvchi jismga qoʻyilgan kuchning ishi. Ichki kuchlarning ishi. Quvvat.

32-**mavzu.** Moddiy nuqta va mexanik tizimning kinetik energiyasi. Qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakatlarida kinetik energiyasini hisoblash formulalari. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik energiyasi oʻzgarishi haqidagi teoremaning turli koʻrinishlari.

32-**mavzu.** Kuch maydoni tushunchasi. Potensial kuch maydoni va kuch funksiyasi. Kuchning koordinata oʻqlaridagi proeksiyalarini kuch funksiyasi orqali ifodalash. Teng potensialli sirtlar. Kuchning potensial kuch maydonidagi ishi. Potensial energiya. Potensialli kuch maydoniga tegishli misollar. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni.

33-**mavzu.** Qattiq jism ilgarilanma harakatining differensial tenglamalari. Qattiq jismning qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanma harakat differensial tenglamasi.

Fizik tebrangich va uning keltirilgan uzunligi. Qattiq jism tekis parallel harakatining differensial tenglamalari.

34-**mavzu.** Qattiq jismning qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanma harakatida podshipniklarning dinamik reaksiyalarini aniqlash.

Aylanish oʻqi jismning bosh markazi inersiya oʻqi boʻlgan hol. Statik va dinamik muvozanatlash haqida tushuncha.

Qattiq jismning qoʻzgʻalmas nuqta atrofida aylanma harakati.Eylerning dinamik tenglamalari.

19-modul. Dalamber tamoili.

35-**mavzu.** Moddiy nuqta uchun Dalamber tamoili /nazariyasi/. Inersiya kuchi. Mexanik tizim uchun Dalamber tamoili. Inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Qattiq jism inersiya kuchlarini bir markazga keltirish va uning xususiy hollari. Bogʻlanishdagi moddiy nuqta va mexanik tizim dinamik reaksiyalarini Dalamber tamoilidan foydalanib aniqlash.

20-modul.Analitik mexanika elementlari.

36-**mavzu.** Bogʻlanishlar va bogʻlanish tenglamalari. Bogʻlanishlarni klassifikatsiyasi: golonomli va begolonomli, statsionar va nostatsionar, qutila

olmaydigan va qutila oladigan bog‘lanishlar. Mexanik tizimning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari.
Tizimning erkinlik darajasi. Ideal bog‘lanishlar. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.Umumlashgan kuchlar va ularni hisoblash (kuch potensialiga ega bo‘lgan hol).
37-**mavzu.** Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili bog‘lanish reaksiyalarini aniqlashga tatbiqi. Mexanik tizim muvozanat shartlarini umumlashgan koordinatalarda ifodalash. Potensialli kuchlar holi.
38-**mavzu.** Dalamber-Lagranj tamoili. Dinamikaning umumiy tenglamasi.
39-**mavzu.**Mexanik tizim harakati differensial tenglamalarning umumlashgan koordinatlarda ifodalanishi. Lagranjning 2-tur tenglamalari. Kinetik potensial. Konservativ tizim uchun Lagranjning 2-tur tenglamalari. /Siklik koordinatalar va 1-siklik integrallar/.
40-**mavzu.** Mexanik tizimlar tebranishlari va turg‘unligi.Ustuvor muvozanat tushunchasi. Lagranj-Dirixle teoremasi /isbotsiz/. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan mexanik tizimning ustuvor muvozanati atrofidagi kichik tebranishlari: erkin bir maromdagi tebranma harakat; erkin so‘nuvchi tebranma harakat tebranish davri va dekrementi; nodavriy so‘nuvchi harakat, majburiy tebranma harakat; dinamik koeffitsient; rezonans.
41-**mavzu.** Zarba nazariyasi. Zarba hodisasi. Zarb kuchi va zarb impulsi.Zarb kuchining moddiy nuqtaga ta'siri.Moddiy nuqta harakat miqdorining zarbada o‘zgarishi haqidagi teorema.
42-**mavzu.** Jismning qo‘zg‘almas sirtga to‘g‘ri markaziy zarbasi: elastik va noelastik zarbalar. Zarbada tiklanish koeffitsienti. Ikki jismning to‘g‘ri markaziy zarbasi.

Mexanik tizim kinetik momentining zarbada o‘zgarishi haqida teorema. Zarb kuchlarning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismga ta'siri. Zarba markazi.

8.Amaliy mashg‘ulotlar mazmuni, tashkil etish bo‘yicha ko‘rsatma va tavsiyalar

Fanning nazariy qismida o‘tilgan mavzularni mustahkamlash va yaxshi o‘zlashtirish maqsadida amaliy mashg‘ulotlar o‘tkaziladi. Mashg‘ulotlarda I.V.Meshcherskiyning «Nazariy mexanikadan masalalar to‘plami» o‘quv qo‘llanmasidagi masalalar yechiladi va masala yechishga talaba mahoratini oshirish, o‘zlashtirishni joriy nazorat qilib turish maksadida har qaysi amaliy mashg‘ulot darsidan tegishlicha uyga vazifalar beriladi. Dars ko‘rgazma materiallar, bannerlardan va multimedia usullaridan foydalangan holda kalendar reja asosida o‘tkaziladi. Uy vazifalarning bajarilishi amaliy mashg‘ulot o‘tkazuvchi o‘qituvchi tomonidan muntazam ravishda tekshirilib boriladi.

9.Amaliy mashg‘ulotlarning taxminiy ro‘yxati

- Kesishuvchi kuchlar tizimi
- Tekislikdagi kuchlar tizimi;
- Fazodagi kuchlar tizimi;

- Nuqta kinematikasi;
- Qattiq jismning qo‘zg‘olmas o‘q atrofida aylanma harakati, tekis parallel harakati,
- Nuqtaning va qattiq jismning murakkab harakati;
- Dinamikaning ikkita asosiy masalalari;
- Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning nisbiy harakati;
- Dinamikaning umumiy teoremalari;
- Dalamber prinsipi;
- Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi;
- Dinamikaning umumiy tenglamasi;
- Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari;
- Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan mexanik tizimning kichik tebranishlari;

10. Hisoblash – grafik ishlarini bajarish va himoya qilish bo‘yicha asosiy tavsiyalar

Talabalarni fanni to‘liq o‘zlashtirishlari uchun, mustaqil masalalar yecha olishlarida fikrlash jarayonini shakllantirish va chuqurlashtirish maqsadida hisob-grafik ishlari asosiy dasturamal bo‘ladi. Hisob-grafik ishlari dars soatlarini va ta'lim yo‘nalishlarini hisobga olgan holda har bir o‘qitilayotgan semestr uchun 3 ta topshiriqdan iborat bo‘lib, amaliyot darsi olib boruvchi o‘qituvchiga har bir talaba uchun semestrda 1 soatdan yuklama ajratiladi. Topshiriqlar Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.ларнинг «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» dan yoki kafedra professor, o‘qituvchilari va boshqa mualliflar tomonidan tuzilgan topshiriqlar majmuasidan olinib, har bir talaba uchun alohida variant beriladi. Bu topshiriqlar «Nazariy mexanika» faning 3 ta bo‘limini o‘z ichiga olgan bo‘lib, kuch momentlarini hisoblash, kuchning o‘qdagi va tekislikdagi proeksiyasi, muvozanat tenglamalarini tuzishni o‘rganish uchun tekislikdagi va fazodagi ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimsi muvozanatiga doir va shu kabi masalalarni o‘z ichiga oladi. «Nazariy mexanika» fundamental fanini hozirgi zamon texnikasi va texnologiyalarida ishlatilayotgan mashina va mexanizmlar ishchi qismlarining kinematik parametrlarini hisoblash va ularni qo‘llay bilish uchun tezlik va tezlanish tushunchalari juda muhim bo‘lib, ularni hisoblashni o‘rganish maqsadida kinematika bo‘limidan ham topshiriqlar beriladi. Harakatni kuchlarga bog‘lab o‘rganish, differensial tenglamalarni yechish, hozirgi zaman texnikasining eng asosiy muammolaridan biri tebranish va vibratsiyadan tushunchalar berish maqsadida, mexanik tizim uchun kinetik energiya tushunchasi va uning o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash, analitik mexanikadan dastlabki tushunchalar berish maksadida dinamika bo‘limidan topshiriqlar kiritiladi. Umuman olganda «Nazariy mexanika» fani fundamental fan bo‘lib, talabalarga bundan keyin o‘rgatiladigan tadbiqiy fanlar, amaliy mexanika, mashina va mexanizmlar nazariyasi, mashina detallari va tadbikiy mutaxassislik fanlarini o‘rganishida ko‘prik vazifasini bajaruvchi fanlar turkumiga kiradi. Shuning uchun ham «Nazariy mexanika» fanidan hisob-grafik ishlarini kiritilishi va o‘quv jarayoniga tadbiq etilishi talabalarning umumkasbiy fanlariga qiziqishlarida, hamda fundamental va tadbiqiy fanlarning uzviyliklarini ta'minlashga asos bo‘ladi.

11. Mustaqil ta'limni tashkil etishning shakli va mazmuni

O‘quv rejasida har bir yo‘nalishlar bo‘yicha «Nazariy mexanika» faniga ajratilgan soatlarning ma'lum bir qismini mustaqil ish tashkil etadi. Talabalar bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ishlar asosiy rol o‘ynaydi. Chunki o‘tilgan mavzular va amaliy mashg‘ulotlardan olgan bilimlarini adabiyotlar, internet tarmog‘idan olgan ma'lumotlar bo‘yicha mustahkamlaydilar. Talabalar ko‘pincha ma'ruza matnlaridan foydalanish bilan chegaralanadilar. Talaba bu bilan fanni to‘liq o‘zlashtira olmaydi. Bu esa fan haqida ma'lumot doirasini chegaralaydi. Fanning afzalligini to‘liq o‘zlashtirish va uning qo‘llanish sohalarini chuqur o‘rganish uchun mustaqil ish bajariladi. Talaba mustaqil ishlarni bajarishda darslik, o‘quv qo‘llanmalar, tarqatma materiallar, elektron adabiyotlardan foydalanadi. Har bir mutaxassislik uchun mustaqil ishlar mazulari kafedra tomonidan belgilanadi.

Talabalar mustaqil ishni tayyorlashda «Nazariy mexanika» faning xususiyatlarini hisobga olgan xolda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

–darslik va o‘quv qo‘llanmalar bo‘yicha fan boblari va mavzularini o‘rganish;

–tarqatma materiallar bo‘yicha ma'ruzalar qismini o‘zlashtirish;

–kompyuter texnologtyalari tizimlari bilan ishlash;

–maxsus adabiyotlar bo‘yicha fanlar bo‘limlari yoki mavzulari ustida ishlash;

–faol va muammoli o‘qitish uslubidan foydalaniladigan o‘quv mashg‘ulotlarini o‘tkazish;

–masofaviy (distansion) ta'lim.

12.Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari:

- Tekislikda joylashgan kuchlar tizimining muvozanati;
- Qattiq jismning reaksiya kuchlarini aniqlash;
- Fazoda joylashgan kuchlar tizimsining muvozanati;
- Nuqta kinematikasi;
- Nuqtaning murakkab harakati;

- Qattiq jismning tekis - parallel harakati:
- Moddiy nuqta dinamikasi;
- Qattiq jism dinamikasi;
- Mexanik tizim harakati.
- Analitik mexanika

13. Dasturning informatsion-uslubiy ta’minoti

Fanni oʻqitish jarayonida ta'limning zamonaviy tarmoqlar usuli, multimedia usullari, interaktiv va fikrlar xujumi usullaridan, koʻrgazma qurollardan, bannerlardan, elektron darsliklardan, oʻquv plakatlaridan, slaydlardan foydalanish nazarda tutilgan.

Foydalaniladigan adabiyotlar roʻyxati

Asosiy adabiyotlar

1. V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-1, 2013 y., - 204 p.
2. V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-2, 2013 y., -261 p.
3. A. Ruina, R. Pranap, «Introduction to statics and dynamics »,Oxford University Press, 2013 y., -1039 p.
4. F.Smith and W.R.Longley «Theoretical mechanics », NEW YORK-LONDON, 2014 y., -288 p.
5. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D. Nazariy mexanika. Oʻuv qo’llanva. –T.: Yangi asr avlodi, 2008. – 238 b.
6. Mirsaidov M.M., Boymurodova L.I.,Giyasova N.T. Nazariy mexanika. Oʻquv qoʻllanma–T.: Oʻzbekiston, 2008. –246 b.
7. Habibullayeva X.N. Nazariy mexanika. Oʻquv qoʻllanva. (Dinamika), –T.: ТДТУ, 2010. – 160 b.
8. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.Ўқув қўлланма –Т.: Ўқитувчи, 1990 . – 448 б.
9. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Учебное пособие.СПб.: Лань,2005. – 448с.
10. Рашидов Т.Р. Шозиётов Ш. Муминов К.Б. «Назарий механика асослари» Дарслик –Т.: Ўқитувчи, 1991.– 608 б
11. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Спб.:Лань, 2008. – 736 с.
12. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник. – М.: Высшая школа, 2002. –584 с.
13. Шохайдарова П. Шозиётов Ш.Зоиров Ж. Назарий механика. Ўқув қўлланма.– Т.: Ўқитувчи, 1992. – 408 б.

14. Йўлдошев 3. К. «Назарий механикадан курс ишларини бажаришга доир методик қўлланма» –Т.: Ўзбекистон, 1993

15. Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А. «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» -Т.: Зиё-нашр, 2002.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1.Habibullayeva H.N «Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi» Uslubiy ko‘rsatma. T.:TDTU, 2015.

2.Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D.«Nuqtaning murakkab harakati» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU, 2011.

3. Бать М.И, Джаналидзе Г.Ю., Кельзон А.С. «Теоретическая механика в примерах и задачах», т.1,2 –М.: 9-изд.,Наука,1992.

4.Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Ҳаракат дифференциал тенгламаларини интеграллаш» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2009.

5.Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Тебранма ҳаракатлар» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2011.

6. Шообидов Ш.А, Хабибуллаева Х.Н, Файзуллаева Ф.Д. «Статика»Услубий қўлланма.Т.:ТДТУ, 2004.

7. Шообидов Ш.А, Хабибуллаева Х.Н, Файзуллаева Ф.Д. «Кинематика» Услубий қўлланма.–Т.:ТДТУ, 2003.

8. Хабибуллаева Х.Н., Файзуллаева Ф.Д. «Нуқта кинематикаси» Услубий кўрсатма. Т.:ТДТУ, 2008.

Elektron resurslar

1.www.ilm.uz

2.www.ziyonet.uz

3.www.referat.uz

4.http: //www. amazon.com/ Theory-Gearing-Kinemaniks-C-Geometry-Sunthesis/dp/ 1466514485/ref=sr117s =books&ie=UTF8&qid=1337101207& sr=1-1

5. http: //www. titli.uz/ index . php/ru/ axborot – resurslari1/ o’quv qo’llanmalar / nazariy mexanika.htm1

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI

OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

Ro‘yxatga olindi
№_________________

201__ yil________

Oliy va o‘rta maxsus ta'lim vazirligi
____

201__yil “____” ______

NAZARIY MEXANIKA
FAN **DASTURI**

Bilim sohalari : 300.000 - Ishlab chiqarish texnik soha

Ta'lim sohalari: 310.000 - Muhandislik ishi.

Ta'lim yo‘nalishlari:

5312200 - Konchilik elektr mexanikasi.

5312100 – Energoaudit va sanoat korxonalarining energetlk tekshiruvi.

Toshkent – 2017.

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2017 yil “___”_______dagi “____” – sonly buyrug‘ining _______- ilovasi bilan fan dasturi ro‘yxati tasdiqlangan.

Fan dasturi Oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta'limi yo‘nalishlari bo‘ylcha O‘quv-uslubiy birlashmalar faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi Kengashining 2017 yil “___”_______dagi “____”- sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan.

Fan o‘quvdasturi Toshkent davlat texnika universitetida ishlab chiqildi.

Tuzuvchilar:

Karimov K.A. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.

Mirsaidov M.M. - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexaniza - siyalash muxandislari instituti « Nazariy va qurilish mexanikasi» kafedrasi mudiri, professor, texnika fanlari doktori.

Rizaev A.A. - O‘zFA mexanika va inshootlar seysmik mustaxkamligi instituti boshilmiy xodimi, texnika fanlari doktori.

prof.
Xabibullaeva X.N.- Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashinava mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi dotsenti

Taqrizchilar:

Karimov R. I. - Toshkent davlat texnika universiteti «Nazariy mexanika va mashina va mexanizmlar nazariyasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.
Movlonov T.M.- Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizasi–yalash muxandislari instituti « Nazariy va qurilish mexa- nikasi» kafedrasi professori, texnika fanlari doktori.
Boxodirov G.O.- O‘zFA mexanika va inshootlar seysmik mustaxkamligi instituti etakchi ilmiy xodimi, t.f.d. prof.

Fan o‘quv dasturi Toshkent davlat texnika universiteti Kengashida ko‘rib chiqilgan va tavsiya qilingan (201 «________________ »dagi «____» sonli bayonnoma)

1.Fanning oily ta’limdagi o‘rni

Ushbu o‘quv dasturi «Nazariy mexanika» fanining ta'lim sohasidagi keltirilgan bakalavriat ta'lim yo‘nalishilari bo‘yicha Davlat ta'lim standartlariga muvofiq bakalavrlar tayyorlashni amalga oshiradigan ta'lim muassasalari uchun tuzilgan.

Dasturni tuzishda texnika yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlar tayyorlashda ishtirok etayotgan yirik oliy o‘quv yurtlarining "Nazariy mexanika" fanini o‘qityotgan kafedralar tajribasi, hamda rivojlangan mamlakatlar oliy o‘quv yurtlarida "Nazariy mexanika" fanidan qo‘llanib kelingan dasturlar o‘rganib chiqilgan va bakalavrlarga qo‘yilgan talablar asos qilib olingan.
«Nazariy mexanika» fanini o‘zlashtirishda talabalar umumta'lim fanlaridan: analitik geometriya, differensial geometriyadan ba'zi ma'lumotlarni, oliy algebra, matematik tahlil, differensial tenglamalar nazariyasini va boshqa matematik fanlar, fizika, chizma geometriya va informatika fanlaridan o‘zlashtirgan bilimlariga asoslanadilar. Hozir informatsion texnologiyalar, yadro energetikasi, kosmonavtika va elektronikaning rivojlanishi natijasida mexanikada turlicha fizik tabiatga xos elektromagnit, issiqlik, yorug‘lik va ximiyaviy xususiyatlariga ega bo‘lgan kuchlar ta'siridagi tizimlarning harakatini o‘rganishga oid masalalar qo‘yilmokda. Texnikaning barcha sohalarida, ayniqsa, umumiy mashinasozlik, asbobsozlik, qurilish, avtomatika, mikrorobotlar texnikasida, meditsinada, hisoblash texnikasida, hamda maxsus texnika va kosmonavtikani rivojlanishida va ularning mexanizmlarini yaratishda

talabalarning «Nazariy mexanika» fanidan olgan bilimlari asosiy o‘rinni egallaydi.

2.O‘quv fanining maqsadi va vazifalari

Zamonaviy texnikaning barcha sohalarining rivojlanishi, texnologik jarayonlar va ularga qo‘yilayotgan talablarni hisobga olgan holda yangi ilmiy masalalarni yechish nihoyat darajada dolzarbdir. Shu talablarga javob bera oladigan mexanik muammolarni nazariy asoslarini yaratish, o‘z navbatida, talabalarga «Nazariy mexanika» fanini o‘qitishdan asosiy maqsadlar nimalardan iborat ekanligini asoslab berish uchun dasturulamal bo‘la oladi.

Fanni o‘zlashtirishda dars – ta'limning asosiy shakli ekan, u ilmiy, tizimli, tushunarli, ongli va faol bo‘lishi, bilimlar mustaxkam o‘zlashtirilishi, talabaning shaxsiy xususiyatlari e'tiborga olingan xolda tashkil etilishi lozimdir. Bakalavrlarga «Nazariy mexanika» fanini o‘rgatishdan maqsad, uni kelgusi ilmiy-texnikaviy taraqqiyot jarayonida uchraydigan turlicha masalalar va yangiliklarni mustaqil ravishda hal qilishini ta'minlashdan iborat. Shu bilan birga «Nazariy mexanika» fanini o‘rganish, bo‘lajak bakalavrni dunyoqarashini, fikrlash qobiliyatini o‘stirishga, nazariy bilimlarni tadbiqiy masalalarni yechishga qo‘llay olish qobiliyatini shakllantirish uchun yordam berishi lozimdir. «Nazariy mexanika» fani fizika-matematika fanlari singari, umumilmiy fundamental fanlarning biri sifatida o‘rganiladi. «Nazariy mexanika» fani esa barcha texnika fanlarining asosini tashkil etadi.

3. Fan bo‘yicha talabalarning bilimiga, ko‘nikma va malakasiga qo‘yiladigan talablar.

O’quv fanini o’zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

– nazariy mexanika fani bo‘yicha tabiatda sodir bo‘ladigan barcha mexanik harakatlarni umumiy qonuniyatlarini va bu qonunlarni barcha turdagi mashina hamda mexanizmlar harakatiga qo‘llashni va sodir bo‘layotgan harakatning barqarorligini hamda ustivor kechishi ***haqida tasavvurga ega bo‘lishi;***

– mashina va mexanizm qismlarining tezlik va tezlanishini hamda ularga ta'sir etuvchi kuchlarning o‘zgarish qonuniyatlarini;

– jismlarning muvozanat tenglamalari, mexanikaning asosiy qonunlari, teoremalari, prinsiplari, harakatning ustivorligi va barqarorligi, mexanik sistemaning harakati va muvozanatini ***bilishi va ulardan foydalana olishi;***

– harakat sodir bo‘layotgan fazo va uning hossalarini hamda ishlab chiqarish texnologik jarayonlariga eng sodda fizik va matematik modellarni qurish va bu modellar asosida texnologik jarayonni barqarorligini ta'minlash ***ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.***

Qo’yilgan vazifalar o’qish jarayonida talabalarning ma’ruza, tajriba va amaliy mashg’ulotlarida faol ishtirok etishi, adabiyotlar bilan mustaqil ishlashi va o’qituvchi kuzatuvida mustaqil ta’lim olishi bilan amalga oshadi.

4. Fanning o‘quv rejasidagi boshqa fanlar bilan o‘zaro bog‘liqligi va uslubiy jihatdan uzviyligi

«Nazariy mexanika» fani oliy texnika o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan asosiy fundamental fanlardan biridir. Dasturni amalga oshirish o‘quv rejasida rejalashtirilgan tabiiy fanlar (oliy matematika, fizika, informatika, chizma geometriya) fanlaridan yetarli bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lishni talab etadi. O‘z navbatida esa moddiy jismlarning o‘zaro ta'siri va mexanik harakati o‘rganiladigan bir qator fanlar mexanika nomi bilan bog‘liqdir. Ishchi organlarning harakati o‘rganiladigan mashina va mexanizmlar nazariyasi, amaliy mexanika, suyuqliklar va ularga botirilgan jismlarning harakati o‘rganiladigan gidromexanika, gazsimon jismlarning harakati va qattiq jismlarning gazsimon muhitdagi harakati o‘rganiladigan aeromexanika, tirik organizmlarning mexanik xossalari va ularda sodir bo‘ladigan mexanik hodisalar o‘rganiladigan biomexanika kabi fanlar shular jumlasidan. Turli inshootlar, mashina va mexanizm qismlarini tadqiq qilish hamda loyihalashning umumiy usullari o‘rganiladigan texnika fanlari materiallar qarshiligi va mashina detallari ham mexanikaga taalluqdir. Ishlab chiqarish protsesslarining mexanizatsiyalashtirilishi va avtomatlashtirilishi, xamda turli xil inshootlarni loyixalash ishlari umumtexnika fanlarining asosi bo‘lgan nazariy mexanikani puxta o‘rganishni talab qiladi.

5. Fanning ishlab chiqarishdagi o‘rni

Mexanika sohasidagi izlanishlar matematikaning rivojlanishiga katta xissa qo‘shgan va qo‘shib bormoqda.Klassik mexanika ilmiy–texnik rivojlanishining poydevoridir. Mexanika fanidan tushunchaga ega bo‘lmay, texnik fanlarni o‘rganish mushkuldir. Mexanika fani texnikaning barcha sohalaridagi nazariy va amaliy hisoblashlarning va loyihalashlarning asosidir. Mexanika qonunlaridan qurilishning barcha sohalariga mansub bo‘lgan inshootlarni loyihalashda foydalaniladi.

Mexanika yer haqidagi fanning asosini tashkil qiladi. Bularga matematik metrologiya, okean to‘lqinlarini va daryo oqimlarini o‘rganish, seysmologiya kiradi. Mexanika qonunlariga xayvonlarning ko‘chishi, qushlarning uchishi, baliqlar harakati va qon tomirlaridagi qon harakati bo‘ysunadi. Plazma harakati, zaryadlangan zarrachalarning magnit va elektr maydonidagi harakati ham mexanika qonunlariga bo‘ysunadi.

Mexanika samolyotsozlik, raketa harakati nazariyalari uchun xam asosdir.

Raketa va aviatsiya texnikasining rivojlanishi nazariy mexanikaning o‘zgaruvchan massalar mexanikasi, nisbiy harakat mexanikasi, giroskop nazariyasi va harakatlarning ustivorligi, kichik tebranishlar nazariyasi, mexanikaning variatsion masalalari va optimallashtirish masalalari kabi bo‘limlarining rivojlanishi bilan chambarchas bog‘liqdir.

Yuqorida keltirilgan misollarga asosan ta'kidlash mumkinki, «Nazariy mexanika» fani barcha texnika fanlarining rivojlanishi uchun asosiy poydevordir.

6.Fanni o‘qitishda yangi informatsion - pedagogik texnologiyalar

Fundamental fanlarning tarkibiy qismlaridan bo‘lgan «Nazariy mexanika» fanini talabalar tomonidan chuqur o‘zlashtirilishi uchun o‘quv jarayonining ilg‘or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion va pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muhim ahamiyatga egadir. Fanni o‘zlashtirishda darslik, o‘quv va uslubiy qo‘llanmalar, ma'ruza matnlari, multimediya usullari, elektron o‘quv qo‘llanmalari, bannerlar, ko‘rgazma qurollari, plakatlar, o‘quv mashg‘ulotlarini bajarish imkoniyatini beradigan zamonaviy kompyuter texnikasidan unumli foydalanish yaxshi samaralar beradi. Talabalarga ma'ruza va amaliy mashg‘ulotlarni o‘tishda, hisoblash - grafik ishlarini bajarishda va himoya qilishda o‘quv mashg‘ulotlarini bajarish imkoniyatini beradigan zamonaviy kompyuter texnikasidan, har bir mavzuni virtual tasavvur orqali o‘qitilishini ta'minlovchi demonstratsion uskunalar va o‘quv ko‘rgazmali qurollar to‘plamidan foydalaniladi.

7. Asosiy qism.

Nazariy mashg‘ulotlarining mazmuni

Nazariy mexanikaga kirish

Statika.

1-modul. Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari.

1-mavzu. Qattiq jism statikasi. Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari: mutloq /absolyut/ qattiq jism, kuch, muqobil /ekvivalent/ va muvozanatlashgan kuchlar tizimlari, teng ta'sir etuvchi. Statika aksiomalari. Bog‘lanishlar va bog‘lanish reaksiyalari. Bog‘lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.

2-modul.Kesishuvchi kuchlartizimi.

2-mavzu. Kesishuvchi kuchlar tizimi. Kuchlarni qo‘shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo‘yilgan va kesishuvchi kuchlar tizimsi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik usulda qo‘shish. Kesishuvchi kuchlar tizimi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar tizimi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

3-modul.Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti

3-mavzu.Kuch momenti.Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning nuqta nisbatan momenti vektori. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti bilan shu o‘qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat.
Juft kuchlar nazariyasi. Juftning algebraik momenti. Juft kuch moment vektori. Juft kuch momenti haqidagi teorema. Juftlarning muqobilligi haqida teorema va natijalar. Juftni o‘zining ta'sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish haqidagi teorema. Bir tekislikda joylashgan juftlarni qo‘shish. Kesishuvchi tekislikdagi juftlarni qo‘shish. Juftlar tizimsining muvozanat shartlari.

4-modul.Kuchlarni bir markazga keltirish

4-**mavzu.**Kuchni o‘ziga parallel ko‘chirish. Fazoda ihtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi. Fazoviy kuchlar tizimi.ni bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar tizimining bosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar tizimsining invariantlari. Fazoviy kuchlar tizimini juftga yoki teng ta'sir etuvchiga keltiriladigan hollar. Varinon teoremasi. Fazoviy kuchlar tizimi.muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Xususiy hollarda muvozanat shartlari.
Tekislikdagi kuchlar tizimi. Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanati. Tekislikdagi kuchlar tizimi muvozanat shartlarining uch xil ko‘rinishda ifodalanishi. Tekislikdagi parallel kuchlar tizimining muvozanati. Yuzaga tekis taralgan kuchlar va ularni to‘plangan kuch bilan almashtirish. Bir necha jismdan tashkil topgan tizim muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

Kinematika.
5-modul.Nuqta kinematikasi

5-**mavzu.** Kinematikaga kirish. Kinematikaning asosiy tushunchalari. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi. Sanoq tizimsi.
Nuqta kinematikasi.Nuqta harakat qonunining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi /traektoriyasi. Nuqtaning tezlik va tezlanishi.Nuqtaning tezlik va tezlanishvektorlari. /Tezlik godografi/.
Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash. Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning tabiiy uch yoqlik

o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash; urinma va normal tezlanishlar. Nuqta tezligi va tezlanishini qutb koordinatalarida aniqlash.

6-modul.Qattiq jismning sodda harakatlari

6-**mavzu**Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqidagi teorema.
Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi, hamda ularni vektor tarzda tasvirlash.
Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi. Eyler formulasi. /Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko‘paytma orqali ifodalash/.

bo‘lgan jism nuqtalari tezlik va tezlanishlarini aniqlash.Eylerning kinematik tenglamalari.

7-modul.Qattiq jismningtekis-parallel harakati

7-**mavzu.**Qattiq jismning tekis harakati vauni tekis shaklining o‘z tekisligidagi harakatga keltirish. Tekis-parallel harakat tenglamalari. Tekis shakl harakatini qutb bilan birgalikda oniy ilgarilanma va qutb atrofida oniy aylanma harakatlarga ajratish. Burchak tezlik va burchak tezlanishning qutb tanlanishiga bog‘liq emasligi. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash. Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining proeksiyalari haqidagi teorema.
Tezliklar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash.

8-modul.Murakkab harakat

8-**mavzu.**Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq /absolyut/ harakatlari. Ko‘chirma harakat, ilgarilanma yoki qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat bo‘lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo‘shish haqidagi teoremalar. Koriolis tezlanishi.
Qattiq jismyning murakkab harakati. Erkin qattiq jism harakatining umumiy holi. Erkin qattiq jismning harakat tenglamalari. Bu harakatni qutb nuqtasi bilan birgalikdagi ilgarilama harakat va qutb nuqtasi atrofidagi aylanma harakatlarga ajratish. Erkin qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.

Dinamika.

9-modul.Dinamikaga kirish. Dinamikaning asosiy qonunlari.

9-**mavzu.**Asosiy tushunchalar: massa, moddiy nuqta, faol /aktiv/ va passiv kuchlar; o‘zgarmas va o‘zgaruvchi kuchlar. Klassik mexanika Galiley-Nyuton qonunlari. inersion va noinersion hisob tizimlari. Moddiy nuqta harakati differensialtenglamalari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy koordinatalarda ifodalanishi.

Moddiy nuqta dinamikasi.

10- modul.Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalari

10-**mavzu.**Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalarini yechish; integrallash o‘zgarmaslari va ularni boshlang‘ich shartlarga ko‘ra aniqlash. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakat differensial tenglamasini sodda hollarda yechish.

11-modul.Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari

11-**mavzu**Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli erkin bir maromdagi /garmonik/ tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi,tebranish davri va tebranish takrorligi /chastotasi/. /Moddiy nuqtaning tezlikni birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuchi ta'siridagi so‘nuvchi tebranma harakati; so‘nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so‘nuvchi harakatlar.

12-**mavzu.**Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans. Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri. (Nuqtaning tebranma harakati kafedra qarori bilan erkinlik darajasi birga teng mexanik tizim tebranma harakatining xususiy holi sifatida o‘tilishi ham mumkin).

12-modul.Mexanik tizim dinamikasiga kirish.

13-**mavzu.**Qattiq jism dinamikasi.Mexanik tizimlar.tizimlar massasi.Tizim massalar markazi va uning koordinatalari. Mexanik tizimlar.ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiyasi. Ichki kuchlarning xossalari.

13-modul.Inersiya momenti

Mexanik tizimva qattiq jismning qutbga, o‘qqa va tekislikka nisbatan inersiya momentlari haqidagi teorema. Inersiya radiusi. Jismning o‘zaro parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari haqida teoremasi. Ba'zi bir jinsli jismlar /sterjen, halqa, silindr, disk, to‘g‘ri to‘rtburchak, sharning o‘qqa nisbatan inersiya momentlari.

(Berilgan nuqtadan o‘tuvchi ihtiyoriy yo‘nalishdagi o‘qqa nisbatan inersiya momenti. Markazdan qochma inersiya momentlari. Inersiya ellipsoidi. Inersiya bosh o‘qlari va bosh momentlari hamda ularning xossalari).

14-modul.Dinamikaning umumiy teoremalari.

14-**mavzu.**Mexanik tizimlar harakatning differensial tenglamalari. Mexanik tizim massalar markazining harakati haqidagi teorema. Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni.

Moddiy nuqta va mexanik tizim harakat miqdori; mexanik tizim harakat miqdorini massalar markazining tezligi orqali ifodalanishi. Kuch impulsi. Mexanik tizim harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial va integral ko‘rinishlari. Harakat miqdorining saqlanish qonuni. Moddiy nuqta harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan momenti.16-Mexanik tizim harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan bosh momenti /kinetik momenti/. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o‘qiga nisbatan kinetik momenti. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teorema. Kinetik momentning saqlanish qonuni. /Mexanik tizimning massalar markaziga nisbatan kinetik momentning o‘zgarishi haqida teorema/.

15-**mavzu**Kuchning elementar ishi; uning analitik ifodasi. Kuchning chekli oraliqdagi ishi. Og‘irlik kuchi, elastiklik kuchi, tortishish kuchi, ishqalanish kuchi va aylanuvchi jismga qo‘yilgan kuchning ishi. Ichki kuchlarning ishi. Quvvat**.** Moddiy nuqta va mexanik tizimning kinetik energiyasi. Qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakatlarida kinetik energiyasini hisoblash formulalari. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik energiyasi o‘zgarishi haqidagi teoremaning turli ko‘rinishlari.

15-modul.Dalamber tamoili.

16-**mavzu.**Moddiy nuqta uchun Dalamber tamoili /nazariyasi/. Inersiya kuchi. Mexanik tizim uchun Dalamber tamoili. Inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Qattiq jism inersiya kuchlarini bir markazga keltirish va uning xususiy hollari. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta va mexanik tizim dinamik reaksiyalarini Dalambertamoilidan foydalanib aniqlash.

16-modul.Analitik mexanika elementlari.

17-**mavzu.**Bog‘lanishlar va bog‘lanish tenglamalari. Bog‘lanishlarni klassifikatsiyasi: golonomli va begolonomli, statsionar va nostatsionar, qutila olmaydigan va qutila oladigan bog‘lanishlar. Mexanik tizimning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari.

Tizimning erkinlik darajasi. Ideal bog‘lanishlar. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.Umumlashgan kuchlar va ularni hisoblash (kuch potensialiga ega bo‘lgan hol).

18-**mavzu.**Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili bog‘lanish reaksiyalarini aniqlashga tatbiqi. Mexanik tizim muvozanat shartlarini umumlashgan koordinatalarda ifodalash. Potensialli kuchlar holi.

-Lagranj tamoili. Dinamikaning umumiy tenglamasi.

Mexanik tizim harakati differensial tenglamalarning umumlashgan koordinatlarda ifodalanishi.Lagranjning 2-tur tenglamalari

8.Amaliy mashg‘ulotlar mazmuni, tashkil etish bo‘yicha ko‘rsatma va tavsiyalar

Fanning nazariy qismida o‘tilgan mavzularni mustahkamlash va yaxshi o‘zlashtirish maqsadida amaliy mashg‘ulotlar o‘tkaziladi. Mashg‘ulotlarda I.V.Meshcherskiyning «Nazariy mexanikadan masalalar to‘plami» o‘quv qo‘llanmasidagi masalalar yechiladi va masala yechishga talaba mahoratini oshirish, o‘zlashtirishni joriy nazorat qilib turish maksadida har qaysi amaliy mashg‘ulot darsidan tegishlicha uyga vazifalar beriladi. Dars ko‘rgazma materiallar, bannerlardan va multimedia usullaridan foydalangan holda kalendar reja asosida o‘tkaziladi. Uy vazifalarning bajarilishi amaliy mashg‘ulot o‘tkazuvchi o‘qituvchi tomonidan muntazam ravishda tekshirilib boriladi.

9.Amaliy mashg‘ulotlarning taxminiy ro‘yxati

- Kesishuvchi kuchlar tizimigeometric va analitik muvozanat sharti;
- Tekislikdagi kuchlar tizimi;
- Fazodagi kuchlar tizimi;
- Nuqta kinematikasi;
- Qattiq jismning qo‘zg‘olmas o‘q atrofida aylanma harakati;
- Tekis parallel harakati,
- Nuqtaning va qattiq jismning murakkab harakati;
- Dinamikaning ikkita asosiy masalalari;
- Harakat differensial tenglamalarini integrallash;
- Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari;

Moddiy nuqtaning so’nuvchitebranma harakatlari;

- Massalar markazining harakati
- Moddiy nuqna va mexanik sistema harakat miqdori;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema harakat miqdor momenti;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema kinetic energiyasi;
- Ish va quvvat;
- Dalamber prinsipi,Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi;
- Dinamikaning umumiy tenglamasi;
- Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari;

10. Hisob – grafik ishlarini bajarish va himoya qilish bo‘yicha asosiy tavsiyalar

Talabalarni fanni to‘liq o‘zlashtirishlari uchun, mustaqil masalalar yecha olishlarida fikrlash jarayonini shakllantirish va chuqurlashtirish maqsadida hisob-grafik ishlari asosiy dasturamal bo‘ladi. Hisob-grafik ishlari dars soatlarini va ta'lim yo‘nalishlarini hisobga olgan holda har bir o‘qitilayotgan semestr uchun 3 ta topshiriqdan iborat bo‘lib, amaliyot darsi olib boruvchi o‘qituvchiga har bir talaba uchun semestrda 1 soatdanyuklama ajratiladi. Topshiriqlar Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.ларнинг «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» dan yoki kafedra professor, o‘qituvchilari va boshqa mualliflar tomonidan tuzilgan topshiriqlar majmuasidan olinib, har bir talaba uchun alohida variant beriladi. Bu topshiriqlar «Nazariy mexanika» faning 3 ta bo‘limini o‘z ichiga olgan bo‘lib, kuch momentlarini hisoblash, kuchning o‘qdagi va tekislikdagi proeksiyasi, muvozanat tenglamalarini tuzishni o‘rganish uchun tekislikdagi va fazodagi ixtiyoriy joylashgan kuchlar tizimsi muvozanatiga doir va shu kabi masalalarni o‘z ichiga oladi. «Nazariy mexanika» fundamental fanini hozirgi zamon texnikasi va texnologiyalarida ishlatilayotgan mashina va mexanizmlar ishchi qismlarining kinematik parametrlarini hisoblash va ularni qo‘llay bilish uchun tezlik va tezlanish tushunchalari juda muhim bo‘lib, ularni hisoblashni o‘rganish maqsadida kinematika bo‘limidan ham topshiriqlar beriladi. Harakatni kuchlarga bog‘lab o‘rganish, differensial tenglamalarni yechish, hozirgi zaman texnikasining eng asosiy muammolaridan biri tebranish va vibratsiyadan tushunchalar berish maqsadida, mexanik tizim uchun kinetik energiya tushunchasi va uning o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash, analitik mexanikadan dastlabki tushunchalar berish maksadida dinamika bo‘limidan topshiriqlar kiritiladi. Umuman olganda «Nazariy mexanika» fani fundamental fan bo‘lib, talabalarga bundan keyin o‘rgatiladigan tadbiqiy fanlar, amaliy mexanika, mashina va mexanizmlar nazariyasi, mashina detallari va tadbikiy mutaxassislik fanlarini o‘rganishida ko‘prik vazifasini bajaruvchi fanlar turkumiga kiradi. Shuning uchun ham «Nazariy mexanika» fanidan hisob-grafik ishlarini kiritilishi va o‘quv jarayoniga tadbiq etilishi talabalarning umumkasbiy fanlariga qiziqishlarida, hamda fundamental va tadbiqiy fanlarning uzviyliklarini ta'minlashga asos bo‘ladi.

11. Mustaqil ta'limni tashkil etishning shakli va mazmuni

O‘quv rejasida har bir yo‘nalishlar bo‘yicha «Nazariy mexanika» faniga ajratilgan soatlarning ma'lum bir qismini mustaqil ish tashkil etadi. Talabalar bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ishlar asosiy rol o‘ynaydi. Chunki o‘tilgan mavzular va amaliy mashg‘ulotlardan olgan bilimlarini adabiyotlar, internet tarmog‘idan olgan ma'lumotlar bo‘yicha mustahkamlaydilar. Talabalar ko‘pincha ma'ruza matnlaridan foydalanish bilan chegaralanadilar. Talaba bu bilan fanni to‘liq o‘zlashtira olmaydi. Bu esa fan haqida ma'lumot doirasini chegaralaydi. Fanning afzalligini to‘liq o‘zlashtirish va uning qo‘llanish sohalarini chuqur o‘rganish uchun mustaqil ish bajariladi. Talaba mustaqil ishlarni bajarishda darslik, o‘quv qo‘llanmalar, tarqatma materiallar, elektron adabiyotlardan foydalanadi. Har bir mutaxassislik uchun mustaqil ishlar mazulari kafedra tomonidan belgilanadi.

Talabalar mustaqil ishni tayyorlashda «Nazariy mexanika» faning xususiyatlarini hisobga olgan xolda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

– darslik va o‘quv qo‘llanmalar bo‘yicha fan boblari va mavzularini o‘rganish;
– tarqatma materiallar bo‘yicha ma'ruzalar qismini o‘zlashtirish;
– kompyuter texnologtyalari tizimlari bilan ishlash;
– maxsus adabiyotlar bo‘yicha fanlar bo‘limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
– faol va muammoli o‘qitish uslubidan foydalaniladigan o‘quv mashg‘ulotlarini o‘tkazish;
– masofaviy (distansion) ta'lim.

12.Tavsiya etilayotgan mustaqil ishlarning mavzulari:

- Tekislikda joylashgan kuchlar tizimining muvozanati;
- Qattiq jismning reaksiya kuchlarini aniqlash;
- Fazoda joylashgan kuchlar tizimsining muvozanati;
- Nuqta kinematikasi;
- Nuqtaning murakkab harakati;
- Qattiq jismning tekis - parallel harakati:
- Moddiy nuqta dinamikasi;
- Qattiq jism dinamikasi;
- Mexanik tizim harakati.
- Analitik mexanika

13. Dasturning informatsion-uslubiy ta’minoti

Fanni o‘qitish jarayonida ta'limning zamonaviy tarmoqlar usuli, multimedia usullari, interaktiv va fikrlar xujumi usullaridan, ko‘rgazma qurollardan, bannerlardan, elektron darsliklardan, o‘quv plakatlaridan, slaydlardan foydalanish nazarda tutilgan.

Foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxati

Asosiy adabiyotlar

1. V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-1, 2013 y., - 204 p.
2. V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-2, 2013 y., -261 p.
3. A. Ruina, R. Pranap, «Introduction to statics and dynamics »,Oxford University Press, 2013 y., -1039 p.
4. F.Smith and W.R.Longley «Theoretical mechanics », NEW YORK-LONDON, 2014 y., -288 p.
5. Shoobidov Sh.A., Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D. Nazariy mexanika. O‘uv qo’llanva. –T.: Yangi asr avlodi, 2008. – 238 b.
6. Mirsaidov M.M., Boymurodova L.I.,Giyasova N.T. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanma–T.: O‘zbekiston, 2008. –246 b.
7. Habibullayeva X.N. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. (Dinamika),–T.: ТДТУ, 2010. – 160 b.
8. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.Ўқув қўлланма –Т.: Ўқитувчи, 1990 . – 448 б.
9. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Учебное пособие.СПб.: Лань,2005. – 448с.
10. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Спб.:Лань, 2008. – 736 с.
11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник. – М.: Высшая школа, 2002. –584 с.
12. Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.

«Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» -Т.: Зиё-нашр, 2002.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1.Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 56 б.
2.Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 48 б.
3.Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.
4.Xabibullayeva X.N «Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi» Uslubiy ko‘rsatma. T.:TDTU, 2015.
5. Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.«Nuqtaning murakkab harakati» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU, 2011.
6.Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Ҳаракат дифференциал тенглама-ларини интеграллаш» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2009.
7.Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Тебранма ҳаракатлар» . Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2011.
8.K.A. Karimov, X.N.Xabibullayeva «Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetic energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU, 2013.
9.Хабибуллаева Х.Н., Файзуллаева Ф.Д. «Нуқта кинематикаси» Услубий кўрсатма. Т.:ТДТУ, 2008.

Elektron resurslar

1.www.ilm.uz
2.www.ziyonet.uz
3.www.referat.uz
4.http: //www. amazon.com/ Theory-Gearing-Kinemaniks-C-Geometry-Sunthesis/dp/ 1466514485/ref=sr117s =books&ie=UTF8&qid=1337101207& sr=1-1
5. http: //www.titli.uz/ index . php/ru/ axborot – resurslari1/ o’quv qo’llanmalar / nazariy mexanika.htm1

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Тошкент давлат техника университети

ТАСДИҚЛАЙМАН
Ўқув ишлари бўйича проректор
___________проф. О.Зарипов.
“__” _________2017 йил

Рўйхатга олинди
№__________________
«_____» _________ 2017 йил

МЕХАНИКА-1
ФАНИ
ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси(лари): 300 000 –Ишлаб чиқариш техник соҳа;
600 000 –Хизматлар сохаси.
320 000 –Ишлаб чиқариш технологиялари.

Таълимсоҳаси(лари): 310.000 - Муҳандислик иши.
610 000 – Хизмат кўрсатиш соҳаси.
320 000 – Ишлаб чиқариш технологиялари.

Таълим йўналишлари: Таълим соҳалари таркибидаги барча таълим йўналишлари
Таълимйўналиш(мутахассислик)лари:
5111000-Касб таълими
5310400- Авиасозлик ва ҳаво кемаларидан техник фойдаланиш
5310500- Автомобилсозлик ва тракторсозлик
5310600- Ер усти транспорт тизимлари ва уларнинг эксплуататциясиˆ(транспорт турлари бўйича)
5320200-Машинасозлик технологияси, машинасозлик ишлаб чиқаришини жихозлаш ва автоматлаштириш
5320300- Технологик машиналар ва жихозлар(тармоқлар бўйича),
5610600-Хизмат кўрсатиш техникаси ва технологияси

Таълим йўналиши (мутахассислик) коди ва номи	Талабаниниг ўқув юкламаси, соат								Семестрлар, соа
	Умумий юклама хажми	Аудитория машғулотлари						Мустақил таълим	семестр	соат
		Жами	Маъруза	Амалий машғулот	Лабор.иши	Семинар	Курс иши(лойиҳаси)			
310400- Авиасозлик ва ҳаво кемаларидан ехник фойдаланиш	180	108	54	54				72	3	6
310500-Автомобилсозлик ва тракторсозлик	180	108	54	54				72	3	6
310600- Ер усти транспорт тизимлари ва ларнинг эксплуататцияси(транспорт урлари бўйича)	180	108	54	54				72	3	6
111000- Касб таълими	120	72	36	36				72	3	4
320200-Машинасозлик технологияси, ашинасозлик ишлаб чиқаришини ихозлаш ва автоматлаштириш	180	108	54	54				72	3	6
320300- Технологик машиналар ва ихозлар(тармоқлар бўйича),	120	72	36	36				48	3	4

Тошкент – 2017

Ишчи ўқув дастур Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида № __________ рақам билан рўйхатга олинган ва 2017_ йил “__” ________ да ________- сонли буйруқ билан тасдиқланган намунавий фандастури асосида тузилган.

Тузувчилар: проф. Каримов К.А.
доц. Хабибуллаева Х.Н.

Ишчи ўқув дастур Механика факультетининг “Назарий механика ва машина ва механизмлар назарияси” кафедраси мажлисида (2017йил “__” ________ __ - сон баённома) мухокама этилди ва факультетнинг ўқув-услубий кенгашига тавсия этилди.

Кафедра мудири : доц. Бегимов Н.Н.

Котиба : кат.ўқ.Қурбонова З.М.

Дастур Механика, Машинасозлик, факультетларининг ўқув-услубий кенгашида кўриб чиқилди (2017йил “__” ________ __ - сон баённома) ва университетнинг Илмий-услубий кенгашига тасдиқлашга топширилди.

Ўқув-услубий кенгаш раиси: доц. Тулаев Б.

Котиба: кат.ўқ.Джалилова С.Т.

Ишчи ўқув дастур университетнинг Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилди ва тасдиқланди (2017 йил ___ август ___-сон мажлис баённомаси).

Илмий-услубий кенгаш котиби **Н.Мамбетов**

КИРИШ

Ушбу ишчи ўқув дастури «Назарий механика» фанининг 310.000 – Мухандислик иши таълим соҳасидаги келтирилган 5310400- Авиасозлик ва ҳаво кемаларидан техник фойдаланиш,5310500- Автомобилсозлик ва тракторсозлик, 5310600- Ер усти транспорт тизимлари ва уларнинг эксплуататцияси(транспорт турлари бўйича), 5320200-Машинасозлик технологияси, машинасозлик ишлаб чиқаришини жихозлаш ва автоматлаштириш, 5320300- Технологик машиналар ва жихозлар(тармоқлар бўйича),5610600-Хизмат кўрсатиш техникаси ва технологияси бакалавриат таълим йўналишларида таълим олаётган бакалаврлар учун тайёрланган. Ишчи ўқув дастурни тузишда техника йўналиши бўйича бакалаврлар тайёрлашда иштирок этаётган йирик олий ўқув юртларининг "Назарий механика" фанини ўқитётган кафедралар тажрибаси, ҳамда ривожланган мамлакатлар олий ўқув юртларида "Назарий механика" фанидан қўлланиб келинган дастурлар ўрганиб чиқилган ва бакалаврларга қўйилган талаблар асос қилиб олинган.

«Назарий механика» фанини ўзлаштиришда талабалар умумтаълим фанларидан: аналитик геометрия, дифференсиал геометриядан баъзи маълумотларни, олий алгебра, математик таҳлил, дифференциал тенгламалар назариясини ва бошқа математик фанлар, физика, чизма геометрия ва информатика фанларидан ўзлаштирган билимларига асосланадилар. Ҳозир информацион технологиялар, ядро энергетикаси, космонавтика ва электрониканинг ривожланиши натижасида механикада турлича физик табиатга хос электромагнит, иссиқлик, ёруғлик ва химиявий хусусиятларига эга бўлган кучлар таъсиридаги тизимларнинг ҳаракатини ўрганишга оид масалалар қўйилмокда. Техниканинг барча соҳаларида, айниқса, умумий машинасозлик, асбобсозлик, қурилиш, автоматика, микророботлар техникасида, медицинада, ҳисоблаш техникасида, ҳамда махсус техника ва космос ривожланишида ва уларнинг механизмларини яратишда талабаларнинг «Назарий механика» фанидан олган билимлари асосий ўринни эгаллайди.

1.1. Фанининг мақсади ва вазифалари

Замонавий техниканинг барча соҳаларининг ривожланиши, технологик жараёнлар ва уларга қўйилаётган талабларни ҳисобга олган ҳолда янги илмий масалаларни ечиш ниҳоят даражада долзарбдир. Шу талабларга жавоб бера оладиган механик муаммоларни назарий асосларини яратиш, яратиш, ўз навбатида, талабаларга «Назарий механика» фанини ўқитишдан асосий мақсадлар нималардан иборат эканлигини асослаб бериш учун дастуруламал бўла олади.

Фанни ўзлаштиришда дарс – таълимнинг асосий шакли экан, у илмий, тизим- ли, тушунарли, онгли ва фаол бўлиши, билимлар мустахкам ўзлаштирилиши, талабанинг шахсий хусусиятлари эътиборга олинган холда ташкил этилиши лозимдир. Бакалаврларга «Назарий механика» фанини ўргатишдан мақсад, уни келгуси илмий-техникавий тараққиёт жараёнида учрайдиган турлича масалалар ва янгиликларни мустақил равишда ҳал қилишини таъминлашдан иборат.Шубилан бирга «Назарий механика» фанини ўрганиш, бўлажак бакалаврни дунё- қарашини, фикрлаш қобилиятини ўстиришга, назарий билимларни тадбиқий масалаларни ечишга қўллай олиш қобилиятини шакллантириш учунёрдам бериши лозимдир. «Назарий механика» фани физика-математика фанлари сингари, умумилмий фундаментал фанларнинг бири сифатида ўрганилади. «Назарий механика» фани эса барча техника фанларининг асосини ташкил этади.

1.2. Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар.

Ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

– "Назарий механика"фани бўйича табиатда содир бўладиган барча механик ҳаракатларни умумий қонуниятларини ва бу қонунларни барча турдаги машина ҳамда механизмлар ҳаракатига қўллашни ва содир бўлаётган ҳаракатнинг барқарорлигини ҳамда устивор кечиши ***ҳақида тасаввурга эга бўлиши;***

– машина ва механизм қисмларининг тезлик ва тезланишини ҳамда уларга таъсир этувчи кучларнинг ўзгариш қонуниятларини;

– жисмларнинг мувозанат тенгламалари, механиканинг асосий қонунлари, теоремалари, принциплари, ҳаракатнинг устиворлиги ва барқарорлиги, механик системанинг ҳаракати ва мувозанатини ***билиши ва улардан фойдалана олиши;***

– ҳаракат содир бўлаётган фазо ва унинг ҳоссаларини ҳамда ишлаб чиқариш технологик жараёнларига энг содда физик ва математик моделларни қуриш ва бу моделлар асосида технологик жараённи барқарорлигини таъминлаш ***кўникмаларига эга бўлиши керак.***

Қўйилган вазифалар ўқиш жараёнида талабаларнинг маъруза, тажриба ва амалий машғулотларида фаол иштирок этиши, адабиётлар билан мустақил ишлаши ва ўқитувчи кузатувида мустақил таълим олиши билан амалга ошади.

1.3. Фаннинг ўқув режасидаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги

«Назарий механика» фани олий техника ўқув юртларида ўқитиладиган асосий фундаментал фанлардан биридир. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган табиий фанлар (олий математика, физика, информатика, чизма геометрия) фанларидан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишни талаб этади. Ўз навбатида эса моддий жисмларнинг ўзаро таъсири ва механик ҳаракати ўрганиладиган бир қатор фанлар механика номи билан боғлиқдир. Ишчи органларнинг ҳаракати ўрганиладиган машина ва механизмлар назарияси, амалий механика, суюқликлар ва уларга ботирилган жисмларнинг ҳаракати ўрганиладиган гидромеханика, газсимон жисмларнинг ҳаракати ва қаттиқ жисмларнинг газсимон муҳитдаги ҳаракати ўрганиладиган аэромеханика, тирик организмларнинг механик хоссалари ва уларда содир бўладиган механик ҳодисалар ўрганиладиган биомеханика каби фанлар шулар жумласидан. Турли иншоотлар, машина ва механизм қисмларини тадқиқ қилиш ҳамда лойиҳалашнинг умумий усуллари ўрганиладиган техника фанлари материаллар қаршилиги ва машина деталлари ҳам механикага тааллуқдир. Ишлаб чиқариш процессларининг механизациялаштирилиши ва автоматлаштирилиши, ҳамда турли хил иншоотларни лойихалаш ишлари умумтехника фанларининг асоси бўлган назарий механикани пухта ўрганишни талаб қилади.

1.4. Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни

Механика соҳасидаги изланишлар математиканинг ривожланишига катта ҳисса қўшган ва қўшиб бормоқда.Классик механика илмий–техник ривожланишининг пойдеворидир. Механика фанидан тушунчага эга бўлмай, техник фанларни ўрганиш мушкулдир. Механика фани техниканинг барча соҳаларидаги назарий ва амалий ҳисоблашларнинг ва лойиҳалашларнинг асосидир. Механика қонунларидан қурилишнинг барча соҳаларига мансуб бўлган иншоотларни лойиҳалашда фойдаланилади.

Механика ер ҳақидаги фаннинг асосини ташкил қилади. Буларга математик метрология, океан тўлқинларини ва дарё оқимларини ўрганиш, сейсмология киради. Механика қонунларига хайвонларнинг кўчиши, қушларнинг учиши, балиқлар ҳаракати ва қон томирларидаги қон ҳаракати бўйсунади. Плазма ҳаракати, зарядланган заррачаларнинг магнит ва электр майдонидаги ҳаракати ҳам механика қонунларига бўйсунади.

Механика самолётсозлик, ракета ҳаракати назариялари учун хам асосдир.Ракета ва авиация техникасининг ривожланиши назарий механиканинг ўзгарувчан массалар механикаси, нисбий ҳаракат механикаси, гироскоп назарияси ва ҳаракатларнинг устиворлиги, кичик тебранишлар назарияси, механиканинг вариацион масалалари ва оптималлаштириш масалалари каби бўлимларининг ривожланиши билан чамбарчас боғлиқдир.

Юқорида келтирилган мисолларга асосан таъкидлаш мумкинки, «Назарий механика» фани барча техника фанларининг ривожланиши учун асосий пойдевордир.

1.5. Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Фундаментал фанларнинг таркибий қисмларидан бўлган «Назарий механика» фанини талабалар томонидан чуқур ўзлаштирилиши учун ўқув жараёнининг илғор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информатцион ва педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, мултимедия усуллари, электрон ўқув қўлланмалари, баннерлар, кўргазма қуроллари, плакатлар, ўқув машғулотларини бажариш имкониятини берадиган замонавий компютер техникасидан унумли фойдаланиш яхши самаралар беради. Талабаларга маъруза ва амалий машғулотларни ўтишда, ҳисоблаш - график ишларини бажаришда ва ҳимоя қилишда ўқув машғулотларини бажариш имкониятини берадиган замонавий компютер техникасидан, ҳар бир мавзуни виртуал тасаввур орқали ўқитилишини таъминловчи демонстратцион ускуналар ва ўқув кўргазмали қуроллар тўпламидан фойдаланилади.

2.Asosiy qism.

Nazariy mashg'ulotlarining mazmuni

2.1 Nazariy mexanikaga kirish

Statika.

1-modul.Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari.

1-mavzu. Qattiq jism statikasi.Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari: mutloq /absolyut/ qattiq jism, kuch, muqobil /ekvivalent/ va muvozanatlashgan kuchlar tizimlari, teng ta'sir etuvchi. Statika aksiomalari. Bog'lanishlar va bog'lanish reaksiyalari. Bog'lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.

2-modul.Kesishuvchi kuchlartizimi.

Kesishuvchi kuchlar tizimi. Kuchlarni qo'shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo'yilgan va kesishuvchi kuchlar tizimsi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik usulda qo'shish.Kesishuvchi kuchlar tizimi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar tizimi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

3-modul.Kuchning nuqtaga va o'qqa nisbatan momenti

2-mavzu.Kuch momenti.Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning nuqta nisbatan momenti vektori. Kuchning o'qqa nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning o'qqa nisbatan momenti bilan shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat.

Juft kuchlar nazariyasi.Juftning algebraik momenti.Juft kuch moment vektori.Juft kuch momenti haqidagi teorema. Juftlarning muqobilligi haqida teorema va natijalar. Juftni o'zining ta'sir tekisligiga parallel tekislikka ko'chirish haqidagi teorema.Bir tekislikda joylashgan juftlarni qo'shish.Kesishuvchi tekislikdagi juftlarni qo'shish.Juftlar tizimsining muvozanat shartlari.

4-modul.Kuchlarni bir markazga keltirish

3-**mavzu.**Kuchni o'ziga parallel ko'chirish.Fazoda ihtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi.Fazoviy kuchlar tizimi.ni bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar tizimining bosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar

tizimsining invariantlari.Fazoviy kuchlar tizimini juftga yoki teng ta'sir etuvchiga keltiriladigan hollar.Varinon teoremasi. Fazoviy kuchlar tizimi.muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Xususiy hollarda muvozanat shartlari.
Tekislikdagi kuchlar tizimi.Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanati. Tekislikdagi kuchlar tizimi muvozanat shartlarining uch xil ko‘rinishda ifodalanishi. Tekislikdagi parallel kuchlar tizimining muvozanati. Yuzaga tekis taralgan kuchlar va ularni to‘plangan kuch bilan almashtirish. Bir necha jismdan tashkil topgan tizim muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

5-modul.Ishqalanish

4-**mavzu.**Sirpanishdagi va dumalashdagi ishqalanish. Ishqalanish koeffitsienti. Ishqalanish burchagi va ishqalanish konusi. Muvozanat sohasi.

6-modul.Parallel kuchlar markazi va og‘irlik markazi

Parallel kuchlar tizimsini teng ta'sir etuvchiga keltirish. Parallel kuchlar markazi va uning radius-vektori, hamda koordinatlarini aniqlash formulalari. Qattiq jismning og‘irlik markazi. Bir jinsli hajm, yuza va chiziqning og‘irlik markazi. Jismning og‘irlik markazi holatini aniqlash usullari.

Kinematika.

7-modul.Nuqta kinematikasi

5-**mavzu.**Kinematikaga kirish.Kinematikaning asosiy tushunchalari. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi.Sanoq tizimsi.
Nuqta kinematikasi.Nuqta harakat qonunining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi /traektoriyasi.Nuqtaning tezlik va tezlanishi.Nuqtaning tezlik va tezlanishvektorlari. /Tezlik godografi/.
Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash. Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning tabiiy uch yoqlik o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash; urinma va normal tezlanishlar. Nuqta tezligi va tezlanishini qutb koordinatalarida aniqlash.

8-modul.Qattiq jismning sodda harakatlari

6-**mavzu**Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqidagi teorema.
Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi, hamda ularni vektor tarzda tasvirlash.
Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi. Eyler formulasi. /Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko‘paytma orqali ifodalash/.

9-modul.Qattiq jismning qo'zg'almas nuqta atrofidagi harakati yoki sferik harakat

7-**mavzu.**Qattiq jismning sferik harakati. Eyler burchaklari. Qattiq jismning qo'zg'almas nuqta atrofidagi harakatining tenglamalari.
Jismning oniy aylanish o'qi. Jismning aylanish oniy burchak tezligi va aylanish burchak tezlanishi, hamda ularning vektorlari. Qo'zg'almas nuqtasi bo'lgan jism nuqtalari tezlik va tezlanishlarini aniqlash.Eylerning kinematik tenglamalari.

10-modul.Qattiq jismningtekis-parallel harakati

8-**mavzu.**Qattiq jismning tekis harakati vauni tekis shaklining o'z tekisligidagi harakatga keltirish. Tekis-parallel harakat tenglamalari. Tekis shakl harakatini qutb bilan birgalikda oniy ilgarilanma va qutb atrofida oniy aylanma harakatlarga ajratish. Burchak tezlik va burchak tezlanishning qutb tanlanishiga bog'liq emasligi. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash.Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining proeksiyalari haqidagi teorema.
Tezliklar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash.

11-modul.Murakkab harakat

9-**mavzu.**Nuqtaning nisbiy, ko'chirma va mutlaq /absolyut/ harakatlari. Ko'chirma harakat, ilgarilanma yoki qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat bo'lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo'shish haqidagi teoremalar. Koriolis tezlanishi.
Qattiq jismyning murakkab harakati.Erkin qattiq jism harakatining umumiy holi.Erkin qattiq jismning harakat tenglamalari. Bu harakatni qutb nuqtasi bilan birgalikdagi ilgarilama harakat va qutb nuqtasi atrofidagi aylanma harakatlarga ajratish. Erkin qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.

Dinamika.

12-modul.Dinamikaga kirish.Dinamikaning asosiy qonunlari.

10-**mavzu.**Asosiy tushunchalar: massa, moddiy nuqta, faol /aktiv/ va passiv kuchlar; o'zgarmas va o'zgaruvchi kuchlar. Klassik mexanika Galiley-Nyuton qonunlari.inersion va noinersion hisob tizimlari. Moddiy nuqta harakati differensialtenglamalari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy koordinatalarda ifodalanishi.

Moddiy nuqta dinamikasi.

13- modul.Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalari

11-**mavzu.**Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalarini yechish; integrallash o'zgarmaslari va ularni boshlang'ich shartlarga ko'ra aniqlash. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat differensial tenglamasini sodda hollarda yechish.

14-modulModdiy nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatlari

12-**mavzu**Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli erkin bir maromdagi /garmonik/ tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi,tebranish davri va tebranish takrorligi /chastotasi/. /Moddiy nuqtaning tezlikni birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuchi ta'siridagi so‘nuvchi tebranma harakati; so‘nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so‘nuvchi harakatlar.

13-**mavzu.**Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans.Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri.(Nuqtaning tebranma harakati kafedra qarori bilan erkinlik darajasi birga teng mexanik tizim tebranma harakatining xususiy holi sifatida o‘tilishi ham mumkin).

15-modul.Moddiy nuqtaning nisbiy harakati

14-**mavzu.**Moddiy nuqtaning nisbiy harakati differensial tenglamalari.Ko‘chirma va Koriolis inersiya /enkinetik/ kuchlari. Koriolis inersiya kuchining yer ustidagi bino va inshootlariga ta'siri. Klassik mexanikaning nisbiylik nazariyasi; nisbiy muvozanat.

16-modul.Mexanik tizim dinamikasiga kirish.

Qattiq jism dinamikasi.Mexanik tizimlar.tizimlar massasi.Tizim massalar markazi va uning koordinatalari. Mexanik tizimlar.ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiyasi.Ichki kuchlarning xossalari.

17-modul.Inersiya momenti

Mexanik tizimva qattiq jismning qutbga, o‘qqa va tekislikka nisbatan inersiya momentlari haqidagi teorema. Inersiya radiusi.Jismning o‘zaro parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari haqida teoremasi.Ba'zi bir jinsli jismlar /sterjen, halqa, silindr, disk, to‘g‘ri to‘rtburchak, sharning o‘qqa nisbatan inersiya momentlari.

(Berilgan nuqtadan o‘tuvchi ihtiyoriy yo‘nalishdagi o‘qqa nisbatan inersiya momenti.Markazdan qochma inersiya momentlari.Inersiya ellipsoidi. Inersiya bosh o‘qlari va bosh momentlari hamda ularning xossalari).

18-modul.Dinamikaning umumiy teoremalari.

15-**mavzu.**Mexanik tizimlar harakatning differensial tenglamalari.Mexanik tizim massalar markazining harakati haqidagi teorema.Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni.

Moddiy nuqta va mexanik tizim harakat miqdori; mexanik tizim harakat miqdorini massalar markazining tezligi orqali ifodalanishi. Kuch impulsi.Mexanik tizim harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial va integral ko‘rinishlari.Harakat miqdorining saqlanish qonuni. Moddiy nuqta harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan momenti.16-**mavzu.**Mexanik tizim harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan bosh momenti /kinetik momenti/. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o‘qiga nisbatan kinetik momenti. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teorema. Kinetik momentning saqlanish qonuni. /Mexanik tizimning massalar markaziga nisbatan kinetik momentning o‘zgarishi haqida teorema/.

17-**mavzu**Kuchning elementar ishi; uning analitik ifodasi.Kuchning chekli oraliqdagi ishi.Og‘irlik kuchi, elastiklik kuchi, tortishish kuchi, ishqalanish kuchi va aylanuvchi jismga qo‘yilgan kuchning ishi. Ichki kuchlarning ishi.

Quvvat.. Moddiy nuqta va mexanik tizimning kinetik energiyasi. Qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakatlarida kinetik energiyasini hisoblash formulalari. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik energiyasi o‘zgarishi haqidagi teoremaning turli ko‘rinishlari.

18-**mavzu.**Qattiq jism ilgarilanma harakatining differensial tenglamalari. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat differensial tenglamasi.

Fizik tebrangich va uning keltirilgan uzunligi. Qattiq jism tekis parallel harakatining differensial tenglamalari.

19-**mavzu.**Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakatida podshipniklarning dinamik reaksiyalarini aniqlash.

Aylanish o‘qi jismning bosh markazi inersiya o‘qi bo‘lgan hol. Statik va dinamik muvozanatlash haqida tushuncha.

Qattiq jismning qo‘zg‘almasnuqta atrofida aylanma harakati.Eylerning dinamik tenglamalari.

19-modul.Dalamber tamoili.

20-**mavzu.**Moddiy nuqta uchun Dalamber tamoili /nazariyasi/.Inersiya kuchi.Mexanik tizim uchun Dalamber tamoili. Inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Qattiq jism inersiya kuchlarini bir markazga keltirish va uning xususiy hollari. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta va mexanik tizim dinamik reaksiyalarini Dalambertamoilidan foydalanib aniqlash.

20-modul.Analitik mexanika elementlari.

21-**mavzu.**Bog‘lanishlar va bog‘lanish tenglamalari. Bog‘lanishlarni klassifikatsiyasi: golonomli va begolonomli, statsionar va nostatsionar, qutila olmaydigan va qutila oladigan bog‘lanishlar. Mexanik tizimning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari.

Tizimning erkinlik darajasi.Ideal bog‘lanishlar. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.Umumlashgan kuchlar va ularni hisoblash (kuch potensialiga ega bo‘lgan hol).

22-**mavzu.**Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili bog‘lanish reaksiyalarini aniqlashga tatbiqi. Mexanik tizim muvozanat shartlarini umumlashgan koordinatalarda ifodalash.Potensialli kuchlar holi.

23-**mavzu.**Dalamber-Lagranj tamoili.Dinamikaning umumiy tenglamasi.

24 -**mavzu.**Mexanik tizim harakati differensial tenglamalarning umumlashgan koordinatlarda ifodalanishi. Lagranjning 2-tur tenglamalari.Kinetik potensial.Konservativ tizim uchun Lagranjning 2-tur tenglamalari. /Siklik koordinatalar va 1-siklik integrallar/.

25-**mavzu.**Mexanik tizimlar tebranishlari va turg‘unligi.Ustuvor muvozanat tushunchasi.Lagranj-Dirixle teoremasi /isbotsiz/. Erkinlik darajasi birga teng bo‘lgan mexanik tizimning ustuvor muvozanati atrofidagi kichik tebranishlari: erkin bir maromdagi tebranma harakat; erkin so‘nuvchi tebranma harakat tebranish davri va dekrementi; nodavriy so‘nuvchi harakat, majburiy tebranma harakat; dinamik koeffitsient; rezonans.

26-**mavzu.**Zarba nazariyasi.Zarba hodisasi. Zarb kuchi va zarb impulsi.Zarb kuchining moddiy nuqtaga ta'siri.Moddiy nuqta harakat miqdorining zarbada oʻzgarishi haqidagi teorema.

27-**mavzu.**Jismning qoʻzgʻalmas sirtga toʻgʻri markaziy zarbasi: elastik va noelastik zarbalar. Zarbada tiklanish koeffitsienti. Ikki jismning toʻgʻri markaziy zarbasi.

Mexanik tizim kinetik momentining zarbada oʻzgarishi haqida teorema. Zarb kuchlarning qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanuvchi jismga ta'siri. Zarba markazi.

8.Amaliy mashgʻulotlar mazmuni, tashkil etish boʻyicha koʻrsatma va tavsiyalar

Fanning nazariy qismida oʻtilgan mavzularni mustahkamlash va yaxshi oʻzlashtirish maqsadida amaliy mashgʻulotlar oʻtkaziladi. Mashgʻulotlarda I.V.Meshcherskiyning «Nazariy mexanikadan masalalar toʻplami» oʻquv qoʻllanmasidagi masalalar yechiladi va masala yechishga talaba mahoratini oshirish, oʻzlashtirishni joriy nazorat qilib turish maksadida har qaysi amaliy mashgʻulot darsidan tegishlicha uyga vazifalar beriladi. Dars koʻrgazma materiallar, bannerlardan va multimedia usullaridan foydalangan holda kalendar reja asosida oʻtkaziladi. Uy vazifalarning bajarilishi amaliy mashgʻulot oʻtkazuvchi oʻqituvchi tomonidan muntazam ravishda tekshirilib boriladi.

2.2 Amaliy mashgʻulotlarning taxminiy roʻyxati

- Kesishuvchi kuchlar tizimi;
- Kesishuvchi kuchlar tizimi geometrik muvozanat sharti;
- Kesishuvchi kuchlar tizimi analitik muvozanat sharti;
- Tekislikdagi kuchlar tizimi;
- Fazodagi kuchlar tizimi;
- Nuqta kinematikasi;
- Harakat qonunlari berilganda tezlik va tezlanishlarni aniqlash;
- Qattiq jismning qoʻzgʻolmas oʻq atrofida aylanma harakati;
- Tekis parallel harakati,
- Nuqtaning va qattiq jismning murakkab harakati;
- Roriolis tezlanish;
- Dinamikaning ikkita asosiy masalalari;
- Harakat differensial tenglamalarini integrallash;
- Moddiy nuqtaning toʻgʻri chiziqli tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning so’nuvchi tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatlari;
- Moddiy nuqtaning nisbiy harakati;
- Dinamikaning umumiy teoremalari;
- Massalar markazining harakati
- Moddiy nuqna va mexanik sistema harakat miqdori;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema harakat miqdor momenti;
- Moddiy nuqna va mexanik sistema kinetic energiyasi;

- Ish va quvvat;
- Dalamber prinsipi;
- Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi;
- Dinamikaning umumiy tenglamasi;
- Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari;

2.3. Ҳисоблаш – график ишларини бажариш ва ҳимоя қилиш бўйича асосий тавсиялар

Талабаларни фанни тўлиқ ўзлаштиришлари учун, мустақил масалалар еча олишларида фикрлаш жараёнини шакллантириш ва чуқурлаштириш мақсадида ҳисоб-график ишлари асосий дастурамал бўлади. Ҳисоб-график ишлари дарс соатларини ва таълим йўналишларини ҳисобга олган ҳолда ҳар бир ўқитилаётган семестр учун 3 та топшириқдан иборат бўлиб, амалиёт дарси олиб борувчи ўқитувчига ҳар бир талаба учун семестрда 1 соатданюклама ажратилади. Топшириқлар Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.ларнинг «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» дан ёки кафедра профессор, ўқитувчилари ва бошқа муаллифлар томонидан тузилган топшириқлар мажмуасидан олиниб, ҳар бир талаба учун алоҳида вариант берилади. Бу топшириқлар «Назарий механика» фанинг 3 та бўлимини ўз ичига олган бўлиб, куч моментларини ҳисоблаш, кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проексияси, мувозанат тенгламаларини тузишни ўрганиш учун текисликдаги ва фазодаги ихтиёрий жойлашган кучлар тизими мувозанатига доир ва шу каби масалаларни ўз ичига олади. «Назарий механика» фундаментал фанини ҳозирги замон техникаси ва технологияларида ишлатилаётган машина ва механизмлар ишчи қисмларининг кинематик параметрларини ҳисоблаш ва уларни қўллай билиш учун тезлик ва тезланиш тушунчалари жуда муҳим бўлиб, уларни ҳисоблашни ўрганиш мақсадида кинематика бўлимидан ҳам топшириқлар берилади. Ҳаракатни кучларга боғлаб ўрганиш, дифференсиал тенгламаларни ечиш, ҳозирги заман техникасининг энг асосий муаммоларидан бири тебраниш ва вибратсиядан тушунчалар бериш мақсадида, механик тизим учун кинетик энергия тушунчаси ва унинг ўзгариши ҳақидаги теоремани қўллаш, аналитик механикадан дастлабки тушунчалар бериш максадида динамика бўлимидан топшириқлар киритилади. Умуман олганда «Назарий механика» фани фундаментал фан бўлиб, талабаларга бундан кейин ўргатиладиган тадбиқий фанлар, амалий механика, машина ва механизмлар назарияси, машина деталлари ва тадбикий мутахассислик фанларини ўрганишида кўприк вазифасини бажарувчи фанлар туркумига киради. Шунинг учун ҳам «Назарий механика» фанидан ҳисоб-график ишларини киритилиши ва ўқув жараёнига тадбиқ этилиши талабаларнинг умумкасбий фанларига қизиқишларида, ҳамда фундаментал ва тадбиқий фанларнинг узвийликларини таъминлашга асос бўлади.

2.4. Мустақил таълимни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Ўқув режасида ҳар бир йўналишлар бўйича «Назарий механика» фанига ажратилган соатларнинг маълум бир қисмини мустақил иш ташкил этади. Талабалар билимларини мустаҳкамлаш учун мустақил ишлар асосий рол ўйнайди. Чунки ўтилган мавзулар ва амалий машғулотлардан олган билимларини адабиётлар, интернет тармоғидан олган маълумотлар бўйича мустаҳкамлайдилар. Талабалар кўпинча маъруза матнларидан фойдаланиш билан чегараланадилар. Талаба бу билан фанни тўлиқ ўзлаштира олмайди. Бу эса фан ҳақида маълумот доирасини чегаралайди. Фаннинг афзаллигини тўлиқ ўзлаштириш ва унинг қўлланиш соҳаларини чуқур ўрганиш учун мустақил иш бажарилади. Талаба мустақил ишларни бажаришда дарслик, ўқув қўлланмалар, тарқатма материаллар, электрон адабиётлардан фойдаланади. Ҳар бир мутахассислик учун мустақил ишлар мазулари кафедра томонидан белгиланади.

Талабалар мустақил ишни тайёрлашда «Назарий механика» фанинг хусусиятларини ҳисобга олган холда қуйидаги шакллардан фойдаланиши тавсия этилади:

–дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш;

–тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;

–компютер технологтялари тизимлари билан ишлаш;

–махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;

–фаол ва муаммоли ўқитиш услубидан фойдаланиладиган ўқув машғулотларини ўтказиш;

–масофавий (дистанцион) таълим.

Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари:

- Текисликда жойлашган кучлар тизимининг мувозанати;
- Қаттиқ жисмнинг реакция кучларини аниқлаш;
- Фазода жойлашган кучлар тизимсининг мувозанати;
- Нуқта кинематикаси;
- Нуқтанинг мураккаб ҳаракати;
- Қаттиқ жисмнинг текис - параллел ҳаракати:
- Моддий нуқта динамикаси;
- Қаттиқ жисм динамикаси;
- Механик тизим ҳаракати.
- Аналитик механика

2.5. Ўзлаштириш назорати шакли

Talabalarning amaliyot darslaridan olgan joriy nazorat ballari haqida ma'lumot;

J.N.ballari talabalarning amaliyot darslaridagi o‘zlashtirishlarini ifodalaydi. J.N.ballari amaliyot o‘qituvchilari tomonidan belgilanadi va natijalari ma'ruza olib boruvchi o‘qituvchiga beriladi.

1. “Nazariy mexanipka” fanidan J.N. ballari quyidagi tartibda aniqlanadi:

№	Auditoriya darslaridan olgan ballari (36 soatlik amaliyotdan)	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari (talaba 3 ta ish bajaradi)	Jami
1.	1 ball x18 xafta=18 ball	5+6+6= 17 ball	35 ball

№	Auditoriya darslaridan olgan ballari (18 soatlik amaliyotdan)	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari (talaba 3 ta ish bajaradi)	Jami
1.	2 ball x 9 xafta =18 ball	5+6+6= 17 ball	35 ball

№	Auditoriya darslaridan olgan ballari (54 soatlik amaliyotdan)	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari (talaba 3 ta ish bajaradi)	Jami
1.	1 ball x 27 xafta =27 ball	2+3+3= 8 ball	35 ball

a) Amaliyot darsi 36 soatlik bo‘lsa, J. N. har 9 xaftadan so‘ng semestr davomida 2 marotaba natijalanadi.

№	1- J. N.		Jami	2- J. N.		Jami	Jami
	Auditoriya darslaridan olgan ballari	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari		Auditoriya darslaridan olgan ballari	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari		
1.	9 ball	5 ball	14 ball	9 ball	12 ball	21 ball	35 ball

b)Amaliyot darsi 18 soatlik bo‘lsa, J.N. semestrning oxirgi xaftasida 1 marotaba natijalanadi.

№	J. N.		Jami
	Auditoriya darslaridan olgan ballari	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari	
1.	18 ball	17 ball	35 ball

c)Amaliyot darsi 54 soatlik bo‘lsa, J. N. har 9 xaftadan so‘ng semestr davomida n marotaba natijalanadi.

№	1- J. N.		Jami	2- J. N.		Jami	Jam
	Auditoriya darslaridan olgan ballari	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari		Auditoriya darslaridan olgan ballari	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari		
	14 ball	2 ball	16 ball	13 ball	6 ball	19 ball	35 ball

“Nazariy mexanika” fanidan O.N. ballari quyidagi aniqlanadi:

O.N. lar kafera majlisining qaroriga asosan yozma, test shaklida o‘tkaziladi. O.N. larni ma'ruza olib boruvchi o‘qituvchisi o‘tkazadi va ballarini belgi- laydi. ON ma'ruza darslarining o‘quv rejada belgilangan soatlariga asosan 36 va 54 soatlik uchun 2 marotaba va 18 soatlik uchun 1 marotaba o‘tkaziladi. Yozma ish yoki test o‘tkazish uchun tuzilgan variantlarga mustaqil ish savollari kiritilishi shart. “Nazariy mexanika” fanidan oraliq nazorat variantlari 36 soatlik uchun 4 ta savoldan, 54 soatlik uchun 5 ta savoldan va 18 soatlik uchun 6 ta savoldan iborat bo‘ladi. Ballar taqsimoti:

№	Dars soatlari	Variantlar bo‘yicha ballar taqsimoti		Jami
		1- O.N.	2- O.N.	
1.	**36 soat va 54 soat**	**17 ball**	**18 ball**	**35 ball**
2.	**18 soat**	O.N.		**35 ball**
		35 ball		

№	Мавзу номи	**Ўқитиш шакллари бўйича ажратилган соат**						
			Аудитория машғулотлари (соатларда)					
		Умумий юклама	**Жами**	**Маъруза**	**Амалиёт**	**Лаборатория иши**	**Курс иши**	**Мустақил иш**
	Механикагакириш. Статиканинг асосий тушинчалари.	**4**	**4**	**2**	**2**			
2	Статика асосий аксиомалари. Боғланиш ва боғланиш реакция кучлари.	**4**	**4**	**2**	**2**			
3	Кесишувчи кучлар системаси. Кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проекцияси. К.К.С. мувозанати.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
4	Нуктага ва ўққа нисбатан куч моменти. Жуфт кучлар назарияси. Жуфт куч моменти.Момент вектори.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
5	Кучларни бир марказга келтириш. Текисликда ва фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанат шартлари. Статик аниқ ва статик аниқмас масалалар.Жисмлар системаларининг мувозанати.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
6	Ишқаланиш кучи. Оғирлик маркази.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
7	Нуқта кинематикаси. Ҳаракат қонунининг берилиш усуллари. Харакат конуни вектор ва кординат усулида берилганда нуқтанинг тезлик ва тезланиши.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
8	Ҳаракат қонунини таьбий усулда берилганда нуқтанинг тезлик ва тезланишларни аниқлаш.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
9	Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари. Илгариланмавақаттиқжисмнингқўзғалмасўқатрофидаайланмаҳаракатларида тезликватезланиш.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
10	Нуқтанингмураккабҳаракати.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
11	Кориолистезланиши.Қаттиқжисмнинг текис-параллелҳаракати.Текис шакл нуқтаси тезлиги аниқлашнинг қутб усули.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
12	Қаттиқжисмнингтекис-параллелҳаракати.Тезликлар оний маркази.Текис шакл нуқтасининг тезланишини аниқлаш.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
13	Қаттиқ жисмнинг сферик ҳаракати.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
14	Динамикагакириш. Динамиканинг асосий тушинчалари.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**

15	Динамиканинг 1-2 асосий масалалари.Дифференциал тенгламаларини интеграллаш.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
16	Моддий нуқтанинг нисбий харакат динамикаси.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
17	Моддийнуқтанингэркинтебранмаҳаракати. Сўнувчитебранмаҳаракати.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
18	Мажбурийтебранмаҳаракати.Мухит қаршилик кучи бўлган ва бўлмаган холлар.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
19	Механик системагакириш. Инерциямоменти. Массалармаркази. Системамассаси. Гюйгенс-Штейнер теоремаси.Баъзи оддий шаклли жисмларнинг инерция моменти.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
20	Массалармарказиҳаракатиҳақидаги теорема. Моддийнуқтава механик система ҳаракатмиқдорининғўзгаришиҳақидаги теорема.Харакат миқдорининг сақланиш қонуни.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
21	Моддийнуқтаҳаракатмиқдормоментинингўзгаришиҳақидагитеорема. Кинетик момент ўзгаришибҳақидаги теорема.Кинетик моментсақланиш қонуни.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
22	Кучнинг иши ва қуввати	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
23	Мо2ддийнуқтавамеханиксистемакинетикэнергиясининғўзгаришиҳақидагитеорема.Потенциал энергия.Механик энергия сақланиш қонуни.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
24	Моддийнуқтава механик система учун Даламбер принципи. Боғланишларклассификацияси.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
25	Мумкинбўлганкўчиш. Идиал боғланишлар .Мумкинбўлганкўчишпринципи.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
26	Динамиканинг умумий тенгламасиУмумлашганкоординаталар.Эркинликдаражаси.Умумлашган куч.	**6**	**4**	**2**	**2**			**2**
27	Лагранжнинг II-тур дифференциал тенгламалари.Кинетик патенциал циклик координаталар.Концерватив механик система учун Лагранжнинг 2-тур тенгламалари.	**8**	**4**	**2**	**2**			**4**
Семестр жами		**180**		**54**	**54**			**72**

№	**Дарс мавзулари**	**Умумий юклама**	**жами**	**маъруза**	**Амалиёт**	**Мустақил иш**
1	**Механикага кириш. Статиканинг асосий аксиомалари**	**2**	**2**	**2**		
2	**Боғланиш ва боғланиш реакция кучлари. Кесишувчи кучлар системаси (ККС). Кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проекцияси. ККС мувозанати.**	**6**	**6**	**2**	**4**	
3	**Нуқтага ва ўққа нисбатан куч моменти. Кучнинг ўққа нисбатан моменти билан шу ўқда ётувчи нуқтага нисбатан моменти орасидаги муносабат. Жуфт куч. Жуфт куч моментига оид теорема.**	**8**	**4**	**2**	**2**	**4**

	Жуфт куч моментининг векторлиги.					
4	Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасини бир марказга келтириш. Бош вектор ва бош момент. Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанати. Статик аниқ ва статик ноаниқ масалалар.	8	4	2	2	4
5	Нуқта кинематикаси. Ҳаракат қонунининг берилиш усуллари. Ҳаракат қонунининг берилишига қараб тезлик ва тезланишларни аниқлаш	4	4	2	2	
6	Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари. Илгариланма ва қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофида айланма ҳаракатларида тезли к ва тезланиш.	8	4	2	2	4
7	Қаттиқ жисмнинг текис-параллел ҳаракати.	8	4	2	2	4
8	Нуқтанинг мураккаб ҳаракати. Кориолис тезланиш.	6	4	2	2	2
9	Динамикага кириш. Динамиканинг асосий масалалари.	8	4	2	2	4
10	Моддий нуқтанинг эркин тебранма ҳаракати. Сўнувчи тебранма ҳаракат	6	4	2	2	2
11	Мажбурий тебранма ҳаракат.	6	4	2	2	2
12	Механик системага кириш. Инерция моменти. Массалар маркази. Система массаси. Гюйгенс-Штейнер теоремаси.	8	4	2	2	4
13	Массалар марказининг ҳаракатиҳақидаги теорема. Моддий нуқта ва механик система Ҳаракат миқдорининг ўзгаришиҳақидаги теорема.	6	4	2	2	2
14	Моддий нуқта ҳаракат миқдор моментининг ўзгариши ҳақидаги теорема. Кинетик момент ўзгариши ҳақидаги теорема.	8	4	2	2	4
15	Моддий нуқта ва механик система кинетик энергиясининг ўзгаришиҳақидаги теорема.	6	4	2	2	2
16	Моддий нуқта ва механик система учун Даламбер принципи. Боғланишлар классификацияси.	8	4	2	2	4
17	Мумкин бўлган кўчиш. Умумлашган координаталар. Эркинлик даража. Мумкин бўлган кўчиш принципи.	8	4	2	2	4
18	Лагранжнинг II-тур дифференциал тенгламалари.	6	4	2	2	2
	Жами:	120	72	36	36	48

ДАСТУРНИНГ ИНФОРМАТЦИОН-УСЛУБИЙ ТАЪМИНОТИ

Фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий тармоқлар усули, мултимедиа усуллари, интерактив ва фикрлар хужуми усулларидан, кўргазмақуроллардан, баннерлардан, электрон дарсликлардан, ўқув плакатларидан, слайдлардан фойдаланиш назарда тутилган.

Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати

Асосий адабиётлар

1.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-1, 2013 y., - 204 p.
2.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-2, 2013 y., -261 p.
3. A. Ruina, R. Pranap, «Introduction to statics and dynamics »,Oxford University Press, 2013 y., -1039 p.
4. F.Smith and W.R.Longley «Theoretical mechanics », NEW YORK-LONDON, 2014 y., -288 p.
5. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D.
Nazariy mexanika. O‘uv qo’llanva. –T.: Yangi asr avlodi, 2008. – 238 b.
6. Mirsaidov M.M., Boymurodova L.I.,Giyasova N.T. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanma–T.: O‘zbekiston, 2008. –246 b.
7. Habibullayeva X.N. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. (Dinamika),–T.: ТДТУ, 2010. – 160 b.
8. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.Ўқув қўлланма –Т.: Ўқитувчи, 1990 . – 448 б.
9. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Учебное пособие.СПб.: Лань,2005. – 448с.
10. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Спб.:Лань, 2008. – 736 с.
11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник. – М.: Высшая школа, 2002. –584 с.
12. Йўлдошев З. К. «Назарий механикадан курс ишларини бажаришгадоир методик қўлланма» –Т.: Ўзбекистон, 1993
13.Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А. «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» -Т.: Зиё-нашр, 2002.

Қўшимча адабиётлар

1.Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 56 б.
2.Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 48 б.
3.Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.
4.XabibullayevaX.N «Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi» Uslubiy ko‘rsatma. T.:TDTU,2015.
5. Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.«Nuqtaning murakkab harakati» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU,2011.
6.КаримовК.А., Хабибуллаева Х.Н. «Ҳаракат дифференциал тенглама-ларини интеграллаш» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2009.
7.Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Тебранма ҳаракатлар» . Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2011.
8. K.A. Karimov, X.N.Xabibullayeva «Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetic energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU,2013.
9.Хабибуллаева Х.Н., Файзуллаева Ф.Д. «Нуқта кинематикаси» Услубий кўрсатма. Т.:ТДТУ, 2008.

Elektron resurslar

1.www.ziyonet.uz
2.www.referat.uz
3.http: //www. amazon.com/ Theory-Gearing-Kinemaniks-C-Geometry-Sunthesis/dp/ 1466514485/ref=sr117s =books&ie=UTF8&qid=1337101207& sr=1-1
4. http: //www.titli.uz/ index .php/ru/ axborot – resurslari1/ o’quv qo’llanmalar / nazariy mexanika.htm1

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА
МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Рўйхатга олинди
№___________________
«_____» _________ 2017 йил

ТАСДИҚЛАЙМАН
Ўқув ишлари бўйича проректор
____________ О.Зарипов
“__” _________2017 йил

Тошкент давлат техника университети
НАЗАРИЙ МЕХАНИКА
ФАНИ
ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси(лари): **300 000 –Ишлаб чиқариш техник соҳа;**
600 000 –Хизматлар сохаси.
320 000 –Ишлаб чиқариш технологиялари.
Таълим соҳаси(лари**):** **310.000 - Муҳандислик иши.**
610 000 –Хизмат кўрсатиш соҳаси.
320 000 – Ишлаб чиқариш технологиялари
Таълим йўналиш(мутахассислик)лари:
5312200- Кончилик электромеханикаси
5311600- Кончилик иши(тармоқлар бўйича),
5312300- Маркшейдерлик иши.
5320300-Технологил машиналар ва жихозлар(кончилик)
5630100-Экология ва атроф мухит мухофазаси

Тошкент – 2017

аълим йўналиши (мутахассислик) коди ва номи	Талабаниниг ўқув юкламаси, соат								Семестрлар, соат	
	Умумий юклама хажми	Аудитория машғулотлари						Мустақил таълим	семестр	соат
		Жами	Маъруза	Амалий машғулот	Лабор.иши	Семинар	Курс иши(лойиҳаси)			
312200- Кончилик электромеханикаси	120	72	36	36	-	-	-	48	2	4
311600-Кончилик иши(тармоқлар бўйича)	120	72	36	36	-	-	-	48	4	4
312300- Маркшейдерлик иши.	120	72	36	36	-	-	-	48	4	4
320300-Технологик машиналар ва жихозлар(кончилик)	120	72	36	36	-	-	-	48	4	4
530100-Экология ва атроф мухит мухофазаси	136	72	36	36	-	-	-	64	3	4

Ишчи ўқув дастур Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида № __________ рақам билан рўйхатга олинган ва 2017_ йил “__” ________ да ________- сонли буйруқ билан тасдиқланган намунавий фан дастури асосида тузилган.

Тузувчилар: проф.Каримов К.А.
доц. Хабибуллаева Х.Н.

Ишчи ўқув дастур Механика факультетининг “Назарий механика ва машина ва механизмлар назарияси” кафедраси мажлисида (2017 йил “__” ________ __ - сон баённома) мухокама этилди ва факультетнинг ўқув-услубий кенгашига тавсия этилди.

Кафедра мудири : доц. Бегимов Н.Н.
Котиба : кат.ўқ. Қурбонова З.М.

Дастур Мухандислик геологияси ва кончилик иши факультетининг ўқув-услубий кенгашида кўриб чиқилди (2017йил “__” ________ __ - сон баённома) ва университетнинг Илмий-услубий кенгашига тасдиқлашга топширилди.

Ўқув-услубий кенгаш раиси: доц. Ходжаев Х.С.

Котиба : Орипжонова Д.

Ишчи ўқув дастур университетнинг Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилди ва тасдиқланди (2017 йил ___ август ___-сон мажлис баённомаси).

Илмий-услубий кенгаш котиби Н.Мамбетов

КИРИШ

Ушбу ишчи ўқув дастури «Назарий механика» фанининг 310.000 - Муҳандислик иши, 610 000 –Хизмат кўрсатиш соҳаси, 320 000 –Ишлаб чиқариш технологиялари таълим соҳасидаги келтирилган 5312200- Кончилик электромеханикаси, 5311600- Кончилик иши(тармоқлар бўйича), 5312300- Маркшейдерлик иши, 5320300-Технологил машиналар ва жихозлар (кончилик), 5630100-Экология ва атроф мухит мухофазаси бакалавриат таълим йўналишларида таълим олаётган бакалаврлар учун тайёрланган. Ишчи ўқув дастурни тузишда техника йўналиши бўйича бакалаврлар тайёрлашда иштирок этаётган йирик олий ўқув юртларининг "Назарий механика" фанини ўқитётган кафедралар тажрибаси, ҳамда ривожланган мамлакатлар олий ўқув юртларида "Назарий механика" фанидан қўлланиб келинган дастурлар ўрганиб чиқилган ва бакалаврларга қўйилган талаблар асос қилиб олинган. «Назарий механика» фанини ўзлаштиришда талабалар умумтаълим фанларидан: аналитик геометрия, дифференциал геометриядан баъзи маълумотларни, олий алгебра, математик таҳлил, дифференциал тенгламалар назариясини ва бошқа математик фанлар, физика, чизма геометрия ва информатика фанларидан ўзлаштирган билимларига асосланадилар. Ҳозир информатсион технологиялар, ядро энергетикаси, космонавтика ва электрониканинг ривожланиши натижасида механикада турлича физик табиатга хос электромагнит, иссиқлик, ёруғлик ва химиявий хусусиятларига эга бўлган кучлар таъсиридаги тизимларнинг ҳаракатини ўрганишга оид масалалар қўйилмокда. Техниканинг барча соҳаларида, айниқса, умумий машинасозлик, асбобсозлик, қурилиш, автоматика, микророботлар техникасида, медицинада, ҳисоблаш техникасида, ҳамда махсус техника ва космос ривожланишида ва уларнинг механизмларини яратишда талабаларнинг «Назарий механика» фанидан олган билимлари асосий ўринни эгаллайди.

1.1. Фанининг мақсади ва вазифалари

Замонавий техниканинг барча соҳаларининг ривожланиши, технологик жараёнлар ва уларга қўйилаётган талабларни ҳисобга олган ҳолда янги илмий масалаларни ечиш ниҳоят даражада долзарбдир. Шу талабларга жавоб бера оладиган механик муаммоларни назарий асосларини яратиш,

яратиш, ўз навбатида, талабаларга «Назарий механика» фанини ўқитишдан асосий мақсадлар нималардан иборат эканлигини асослаб бериш учун дастуруламал бўла олади. Фанни ўзлаштиришда дарс – таълимнинг асосий шакли экан, у илмий, тизим- ли, тушунарли, онгли ва фаол бўлиши, билимлар мустахкам ўзлаштирилиши, талабанинг шахсий хусусиятлари эътиборга олинган холда ташкил этилиши лозимдир. Бакалаврларга «Назарий механика» фанини ўргатишдан мақсад, уни келгуси илмий-техникавий тараққиёт жараёнида учрайдиган турлича масалалар ва янгиликларни мустақил равишда ҳал қилишини таъминлашдан иборат. Шу билан бирга «Назарий механика» фанини ўрганиш, бўлажак бакалаврни дунё- қарашини, фикрлаш қобилиятини ўстиришга, назарий билимларни тадбиқий масалаларни ечишга қўллай олиш қобилиятини шакллантириш учун ёрдам бериши лозимдир. «Назарий механика» фани физика-математика фанлари сингари, умумилмий фундаментал фанларнинг бири сифатида ўрганилади. «Назарий механика» фани эса барча техника фанларининг асосини ташкил этади.

1.2. Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар.

Ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

– "Назарий механика"фани бўйича табиатда содир бўладиган барча механик ҳаракатларни умумий қонуниятларини ва бу қонунларни барча турдаги машина ҳамда механизмлар ҳаракатига қўллашни ва содир бўлаётган ҳаракатнинг барқарорлигини ҳамда устивор кечиши ***ҳақида тасаввурга эга бўлиши;***

– машина ва механизм қисмларининг тезлик ва тезланишини ҳамда уларга таъсир этувчи кучларнинг ўзгариш қонуниятларини;

– жисмларнинг мувозанат тенгламалари, механиканинг асосий қонунлари, теоремалари, принциплари, ҳаракатнинг устиворлиги ва барқарорлиги, механик системанинг ҳаракати ва мувозанатини ***билиши ва улардан фойдалана олиши;***

– ҳаракат содир бўлаётган фазо ва унинг ҳоссаларини ҳамда ишлаб чиқариш технологик жараёнларига энг содда физик ва математик моделларни қуриш ва бу моделлар асосида технологик жараённи барқарорлигини таъминлаш ***кўникмаларига эга бўлиши керак.***

Қўйилган вазифалар ўқиш жараёнида талабаларнинг маъруза, тажриба ва амалий машғулотларида фаол иштирок этиши, адабиётлар билан мустақил ишлаши ва ўқитувчи кузатувида мустақил таълим олиши билан амалга ошади.

1.4. Фаннинг ўқув режасидаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги

«Назарий механика» фани олий техника ўқув юртларида ўқитиладиган асосий фундаментал фанлардан биридир. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган табиий фанлар (олий математика, физика, информатика, чизма геометрия) фанларидан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишни талаб этади. Ўз навбатида эса моддий жисмларнинг ўзаро таъсири ва механик ҳаракати ўрганиладиган бир қатор фанлар механика номи билан боғлиқдир. Ишчи органларнинг ҳаракати ўрганиладиган машина ва механизмлар назарияси, амалий механика, суюқликлар ва уларга ботирилган жисмларнинг ҳаракати ўрганиладиган гидромеханика, газсимон жисмларнинг ҳаракати ва қаттиқ жисмларнинг газсимон муҳитдаги ҳаракати ўрганиладиган аэромеханика, тирик организмларнинг механик хоссалари ва уларда содир бўладиган механик ҳодисалар ўрганиладиган биомеханика каби фанлар шулар жумласидан. Турли иншоотлар, машина ва механизм қисмларини тадқиқ қилиш ҳамда лойиҳалашнинг умумий усуллари ўрганиладиган техника фанлари материаллар қаршилиги ва машина деталлари ҳам механикага таалуқдир. Ишлаб чиқариш процессларининг механизациялаштирилиши ва автоматлаштирилиши, ҳамда турли хил иншоотларни лойихалаш ишлари умумтехника фанларининг асоси бўлган назарий механикани пухта ўрганишни талаб қилади.

1.4. Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни

Механика соҳасидаги изланишлар математиканинг ривожланишига катта ҳисса қўшган ва қўшиб бормоқда. Классик механика илмий–техник ривожланишининг пойдеворидир. Механика фанидан тушунчага эга бўлмай, техник фанларни ўрганиш мушкулдир. Механика фани техниканинг барча соҳаларидаги назарий ва амалий ҳисоблашларнинг ва лойиҳалашларнинг асосидир. Механика қонунларидан қурилишнинг барча соҳаларига мансуб бўлган иншоотларни лойиҳалашда фойдаланилади.

Механика ер ҳақидаги фаннинг асосини ташкил қилади. Буларга математик метрология, океан тўлқинларини ва дарё оқимларини ўрганиш, сейсмология киради. Механика қонунларига хайвонларнинг кўчиши, қушларнинг учиши, балиқлар ҳаракати ва қон томирларидаги қон ҳаракати бўйсунади. Плазма ҳаракати, зарядланган заррачаларнинг магнит ва электр майдонидаги ҳаракати ҳам механика қонунларига бўйсунади.

Механика самолётсозлик, ракета ҳаракати назариялари учун хам асосдир. Ракета ва авиация техникасининг ривожланиши назарий механиканинг ўзгарувчан массалар механикаси, нисбий ҳаракат механикаси, гироскоп назарияси ва ҳаракатларнинг устиворлиги, кичик тебранишлар назарияси, механиканинг вариацион масалалари ва оптималлаштириш масалалари каби бўлимларининг ривожланиши билан чамбарчас боғлиқдир.

Юқорида келтирилган мисолларга асосан таъкидлаш мумкинки, «Назарий механика» фани барча техника фанларининг ривожланиши учун асосий пойдевордир.

1.5. Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Фундаментал фанларнинг таркибий қисмларидан бўлган «Назарий механика» фанини талабалар томонидан чуқур ўзлаштирилиши учун ўқув жараёнининг илғор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информатцион ва педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, мултимедия усуллари, электрон ўқув қўлланмалари, баннерлар, кўргазма қуроллари, плакатлар, ўқув машғулотларини бажариш имкониятини берадиган замонавий компютер техникасидан унумли фойдаланиш яхши самаралар беради. Талабаларга маъруза ва амалий машғулотларни ўтишда, ҳисоблаш - график ишларини бажаришда ва ҳимоя қилишда ўқув машғулотларини бажариш имкониятини берадиган замонавий компютер техникасидан, ҳар бир мавзуни виртуал тасаввур орқали ўқитилишини таъминловчи демонстратцион ускуналар ва ўқув кўргазмали қуроллар тўпламидан фойдаланилади.

2.Nazariy mashg‘ulotlarining mazmuni

2.1 Nazariy mexanikaga kirish

Statika.

1-modul. Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari.

1-mavzu. Qattiq jism statikasi.Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari: mutloq /absolyut/ qattiq jism, kuch, muqobil /ekvivalent/ va muvozanatlashgan kuchlar tizimlari, teng ta'sir etuvchi. Statika aksiomalari. Bog‘lanishlar va bog‘lanish reaksiyalari. Bog‘lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.

2-modul.Kesishuvchi kuchlartizimi.

2-mavzu. Kesishuvchi kuchlar tizimi. Kuchlarni qo‘shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo‘yilgan va kesishuvchi kuchlar tizimsi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik usulda qo‘shish.Kesishuvchi kuchlar tizimi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar tizimi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

3-modul.Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti

3-mavzu.Kuch momenti.Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning nuqta nisbatan momenti vektori. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti bilan shu o‘qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat.

Juft kuchlar nazariyasi.Juftning algebraik momenti.Juft kuch moment vektori.Juft kuch momenti haqidagi teorema. Juftlarning muqobilligi haqida teorema va natijalar. Juftni o‘zining ta'sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish haqidagi teorema.Bir tekislikda joylashgan juftlarni qo‘shish.Kesishuvchi tekislikdagi juftlarni qo‘shish.Juftlar tizimsining muvozanat shartlari.

4-modul.Kuchlarni bir markazga keltirish

4-**mavzu.**Kuchni o‘ziga parallel ko‘chirish.Fazoda ihtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi.Fazoviy kuchlar tizimi.ni bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar tizimining bosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar tizimsining invariantlari.Fazoviy kuchlar tizimini juftga yoki teng ta'sir

etuvchiga keltiriladigan hollar.Varinon teoremasi. Fazoviy kuchlar tizimi.muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Xususiy hollarda muvozanat shartlari.
Tekislikdagi kuchlar tizimi.Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanati. Tekislikdagi kuchlar tizimi muvozanat shartlarining uch xil ko‘rinishda ifodalanishi. Tekislikdagi parallel kuchlar tizimining muvozanati. Yuzaga tekis taralgan kuchlar va ularni to‘plangan kuch bilan almashtirish. Bir necha jismdan tashkil topgan tizim muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

Kinematika.

5-modul.Nuqta kinematikasi

5-**mavzu.**Kinematikaga kirish.Kinematikaning asosiy tushunchalari. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi.Sanoq tizimsi.
Nuqta kinematikasi.Nuqta harakat qonunining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi /traektoriyasi.Nuqtaning tezlik va tezlanishi.Nuqtaning tezlik va tezlanishvektorlari. /Tezlik godografi/.
Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash. Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning tabiiy uch yoqlik o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash; urinma va normal tezlanishlar. Nuqta tezligi va tezlanishini qutb koordinatalarida aniqlash.

6-modul.Qattiq jismning sodda harakatlari

6-**mavzu**Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqidagi teorema. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi, hamda ularni vektor tarzda tasvirlash. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi aniqlash.. Eyler formulasi. /Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko‘paytma orqali ifodalash/.Eylerning kinematik tenglamalari.

7-modul.Qattiq jismning tekis-parallel harakati

7-**mavzu.**Qattiq jismning tekis harakati vauni tekis shaklining o‘z tekisligidagi harakatga keltirish. Tekis-parallel harakat tenglamalari. Tekis shakl harakatini qutb bilan birgalikda oniy ilgarilanma va qutb atrofida oniy aylanma harakatlarga ajratish. Burchak tezlik va burchak tezlanishning qutb tanlanishiga bog‘liq emasligi. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash.Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining proeksiyalari haqidagi teorema.Tezliklar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash.

8-modul.Murakkab harakat

8-**mavzu.**Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq /absolyut/ harakatlari. Ko‘chirma harakat, ilgarilanma yoki qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat bo‘lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo‘shish haqidagi teoremalar. Koriolis tezlanishi.Qattiq jismyning murakkab harakati.Erkin qattiq jism harakatining umumiy holi.Erkin qattiq jismning harakat tenglamalari. Bu harakatni qutb nuqtasi bilan birgalikdagi ilgarilama harakat va qutb nuqtasi atrofidagi aylanma harakatlarga ajratish. Erkin qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.

Dinamika.

9-modul.Dinamikaga kirish.Dinamikaning asosiy qonunlari.

9-**mavzu.**Asosiy tushunchalar: massa, moddiy nuqta, faol /aktiv/ va passiv kuchlar; o‘zgarmas va o‘zgaruvchi kuchlar. Klassik mexanika Galiley-Nyuton qonunlari.inersion va noinersion hisob tizimlari. Moddiy nuqta harakati differensialtenglamalari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy koordinatalarda ifodalanishi.

Moddiy nuqta dinamikasi.

10- modul.Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalari

10-**mavzu.**Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalarini yechish; integrallash o‘zgarmaslari va ularni boshlang‘ich shartlarga ko‘ra aniqlash. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakat differensial tenglamasini sodda hollarda yechish.

11-modul. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari

11-**mavzu**Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli erkin bir maromdagi /garmonik/ tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi,tebranish davri va tebranish takrorligi /chastotasi/. /Moddiy nuqtaning tezlikni birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuchi ta'siridagi so‘nuvchi tebranma harakati; so‘nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so‘nuvchi harakatlar.

12-**mavzu.**Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans.Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri.(Nuqtaning tebranma harakati kafedra qarori bilan erkinlik darajasi birga teng mexanik tizim tebranma harakatining xususiy holi sifatida o‘tilishi ham mumkin).

12-modul.Mexanik tizim dinamikasiga kirish.

13-**mavzu.**Qattiq jism dinamikasi.Mexanik tizimlar.tizimlar massasi.Tizim massalar markazi va uning koordinatalari. Mexanik tizimlar.ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiyasi.Ichki kuchlarning xossalari.

13-modul.Inersiya momenti

Mexanik tizimva qattiq jismning qutbga, o‘qqa va tekislikka nisbatan inersiya momentlari haqidagi teorema. Inersiya radiusi.Jismning o‘zaro parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari haqida teoremasi.Ba'zi bir jinsli jismlar /sterjen, halqa, silindr, disk, to‘g‘ri to‘rtburchak, sharning o‘qqa nisbatan inersiya momentlari.

(Berilgan nuqtadan o‘tuvchi ihtiyoriy yo‘nalishdagi o‘qqa nisbatan inersiya momenti.Markazdan qochma inersiya momentlari.Inersiya ellipsoidi. Inersiya bosh o‘qlari va bosh momentlari hamda ularning xossalari).

14-modul.Dinamikaning umumiy teoremalari.

14-**mavzu.** Mexanik tizimlar harakatning differensial tenglamalari.Mexanik tizim massalar markazining harakati haqidagi teorema.Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni. Moddiy nuqta va mexanik tizim harakat miqdori; mexanik tizim harakat miqdorini massalar markazining tezligi orqali ifodalanishi. Kuch impulsi.Mexanik tizim harakat miqdorining oʻzgarishi haqidagi teoremaning differensial va integral koʻrinishlari.Harakat miqdorining saqlanish qonuni. Moddiy nuqta harakat miqdorining markazga yoki oʻqqa nisbatan momenti. Mexanik tizim harakat miqdorining markazga yoki oʻqqa nisbatan bosh momenti /kinetik momenti/. Qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanuvchi jismning aylanish oʻqiga nisbatan kinetik momenti. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik momentining oʻzgarishi haqidagi teorema. Kinetik momentning saqlanish qonuni. /Mexanik tizimning massalar markaziga nisbatan kinetik momentning oʻzgarishi haqida teorema/.
15-**mavzu** Kuchning elementar ishi; uning analitik ifodasi.Kuchning chekli oraliqdagi ishi.Ogʻirlik kuchi, elastiklik kuchi, tortishish kuchi, ishqalanish kuchi va aylanuvchi jismga qoʻyilgan kuchning ishi. Ichki kuchlarning ishi. Quvvat**.** Moddiy nuqta va mexanik tizimning kinetik energiyasi. Qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakatlarida kinetik energiyasini hisoblash formulalari. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik energiyasi oʻzgarishi haqidagi teoremaning turli koʻrinishlari.

15-modul.Dalamber tamoili.

16-**mavzu.**Moddiy nuqta uchun Dalamber tamoili /nazariyasi/.Inersiya kuchi.Mexanik tizim uchun Dalamber tamoili. Inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Qattiq jism inersiya kuchlarini bir markazga keltirish va uning xususiy hollari. Bogʻlanishdagi moddiy nuqta va mexanik tizim dinamik reaksiyalarini Dalambertamoilidan foydalanib aniqlash.

16-modul.Analitik mexanika elementlari.

17-**mavzu.**Bogʻlanishlar va bogʻlanish tenglamalari. Bogʻlanishlarni klassifikatsiyasi: golonomli va begolonomli, statsionar va nostatsionar, qutila olmaydigan va qutila oladigan bogʻlanishlar. Mexanik tizimning mumkin boʻlgan koʻchishlari.
Tizimning erkinlik darajasi.Ideal bogʻlanishlar. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.Umumlashgan kuchlar va ularni hisoblash (kuch potensialiga ega boʻlgan hol).
18-**mavzu.**Mumkin boʻlgan koʻchish tamoili Mumkin boʻlgan koʻchish tamoili bogʻlanish reaksiyalarini aniqlashga tatbiqi. Mexanik tizim muvozanat shartlarini umumlashgan koordinatalarda ifodalash.Potensialli kuchlar holi.
-Lagranj tamoili. Dinamikaning umumiy tenglamasi.
Mexanik tizim harakati differensial tenglamalarning umumlashgan koordinatlarda ifodalanishi. Lagranjning 2-tur tenglamalari

2.2 Амалий машғулот мавзуларининг рўйхати

- Текисликдаги К.К. тизими;
- Фазодаги К.К. тизими;

- Текисликдаги ихтиёрий кучлар тизими;
- Фазодаги ихтиёрий кучлар тизими;
- Нуқта кинематикаси;
- Қаттиқ жисмнинг қўзғолмас ўқ атрофида айланма ҳаракати,
- Текис параллел ҳаракат,
- Нуқтанинг ва қаттиқ жисмнинг мураккаб ҳаракати;
- Динамиканинг 1- асосий масалаласи;
- Динамиканинг 2- асосий масалаласи;
- Моддий нуқтанинг тўғри чизиқли тебранма ҳаракатлари;
- Моддий нуқтанинг нисбий ҳаракати;
- Динамиканинг умумий теоремалари;
- Даламбер тамоили;
- Мумкин бўлган кўчиш тамоили;
- Динамиканинг умумий тенгламаси;
- Лагранжнинг иккинчи тур тенгламалари;
- Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган механик тизимнинг кичик тебранишлари;

2.3. Ҳисоблаш – график ишларини бажариш ва ҳимоя қилиш бўйича асосий тавсиялар

Талабаларни фанни тўлиқ ўзлаштиришлари учун, мустақил масалалар еча олишларида фикрлаш жараёнини шакллантириш ва чуқурлаштириш мақсадида ҳисоб-график ишлари асосий дастурамал бўлади. Ҳисоб-график ишлари дарс соатларини ва таълим йўналишларини ҳисобга олган ҳолда ҳар бир ўқитилаётган семестр учун 3 та топшириқдан иборат бўлиб, амалиёт дарси олиб борувчи ўқитувчига ҳар бир талаба учун семестрда 1 соатдан юклама ажратилади. Топшириқлар Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.ларнинг «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» дан ёки кафедра профессор, ўқитувчилари ва бошқа муаллифлар томонидан тузилган топшириқлар мажмуасидан олиниб, ҳар бир талаба учун алоҳида вариант берилади. Бу топшириқлар «Назарий механика» фанинг 3 та бўлимини ўз ичига олган бўлиб, куч моментларини ҳисоблаш, кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проексияси, мувозанат тенгламаларини тузишни ўрганиш учун текисликдаги ва фазодаги ихтиёрий жойлашган кучлар тизими мувозанатига доир ва шу каби масалаларни ўз ичига олади. «Назарий механика» фундаментал фанини ҳозирги замон техникаси ва технологияларида ишлатилаётган машина ва механизмлар ишчи қисмларининг кинематик параметрларини ҳисоблаш ва уларни қўллай билиш учун тезлик ва тезланиш тушунчалари жуда муҳим бўлиб, уларни ҳисоблашни ўрганиш мақсадида кинематика бўлимидан ҳам топшириқлар берилади. Ҳаракатни кучларга боғлаб ўрганиш, дифференсиал тенгламаларни ечиш, ҳозирги заман техникасининг энг асосий муаммоларидан бири тебраниш ва вибратсиядан тушунчалар бериш мақсадида, механик тизим учун кинетик энергия тушунчаси ва унинг ўзгариши ҳақидаги теоремани қўллаш, аналитик механикадан дастлабки тушунчалар бериш максадида динамика бўлимидан топшириқлар киритилади. Умуман олганда «Назарий механика» фани фундаментал фан бўлиб, талабаларга бундан кейин ўргатиладиган тадбиқий фанлар, амалий механика, машина ва механизмлар назарияси, машина деталлари ва тадбикий мутахассислик фанларини ўрганишида кўприк вазифасини бажарувчи фанлар туркумига киради. Шунинг учун ҳам «Назарий механика» фанидан ҳисоб-график ишларини киритилиши ва ўқув жараёнига тадбиқ этилиши талабаларнинг умумкасбий фанларига қизиқишларида, ҳамда фундаментал ва тадбиқий фанларнинг узвийликларини таъминлашга асос бўлади.

2.4. Мустақил таълимни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Ўқув режасида ҳар бир йўналишлар бўйича «Назарий механика» фанига ажратилган соатларнинг маълум бир қисмини мустақил иш ташкил этади. Талабалар билимларини мустаҳкамлаш учун мустақил ишлар асосий рол ўйнайди. Чунки ўтилган мавзулар ва амалий машғулотлардан олган билимларини адабиётлар, интернет тармоғидан олган маълумотлар бўйича мустаҳкамлайдилар. Талабалар кўпинча маъруза матнларидан фойдаланиш билан чегараланадилар. Талаба бу билан фанни тўлиқ ўзлаштира олмайди. Бу эса фан ҳақида маълумот доирасини чегаралайди. Фаннинг афзаллигини тўлиқ ўзлаштириш ва унинг қўлланиш соҳаларини чуқур ўрганиш учун мустақил иш бажарилади. Талаба мустақил ишларни бажаришда дарслик, ўқув қўлланмалар, тарқатма материаллар, электрон адабиётлардан фойдаланади. Ҳар бир мутахассислик учун мустақил ишлар мазулари кафедра томонидан белгиланади.Талабалар мустақил ишни тайёрлашда «Назарий механика» фанинг хусусиятларини ҳисобга олган холда қуйидаги шакллардан фойдаланиши тавсия этилади:

-дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш;
-тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
-компютер технологтялари тизимлари билан ишлаш;
-махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
-фаол ва муаммоли ўқитиш услубидан фойдаланиладиган ўқув машғулотларини ўтказиш;
-масофавий (дистанцион) таълим.

Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари:

- Текисликда жойлашган кучлар тизимининг мувозанати;
- Қаттиқ жисмнинг реакция кучларини аниқлаш;
- Фазода жойлашган кучлар тизимсининг мувозанати;
- Нуқта кинематикаси;
- Нуқтанинг мураккаб ҳаракати;
- Қаттиқ жисмнинг текис - параллел ҳаракати:
- Моддий нуқта динамикаси;
- Қаттиқ жисм динамикаси;
- Механик тизим ҳаракати.
- Аналитик механика

2.6. Ўзлаштириш назорати шакли

ITalabalarning amaliyot darslaridan olgan joriy nazorat ballari haqida ma'lumot;

J.N.ballari talabalarning amaliyot darslaridagi o‘zlashtirishlarini ifodalaydi.

№	Auditoriya darslaridan olgan ballari (36 soatlik amaliyotdan)	Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari (talaba 3 ta ish bajaradi)	Jami
1.	1 ball x18 xafta=18 ball	5+6+6= 17 ball	35 ball

J.N.ballari amaliyot o‘qituvchilari tomonidan belgilanadi va natijalari ma'ruza olib boruvchi o‘qituvchiga beriladi.

1. “Nazariy mexanipka” fanidan J.N. ballari quyidagi tartibda aniqlanadi:

№	**Auditoriya darslaridan olgan ballari (18 soatlik amaliyotdan)**	**Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari (talaba 3 ta ish bajaradi)**	**Jami**
1.	**2 ball x 9 xafta =18 ball**	**5+6+6= 17 ball**	**35 ball**

№	**Auditoriya darslaridan olgan ballari (54 soatlik amaliyotdan)**	**Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari (talaba 3 ta ish bajaradi)**	**Jami**
1.	**1 ball x 27 xafta =27 ball**	**2+3+3= 8 ball**	**35 ball**

Amaliyot darsi 36 soatlik bo‘lsa, J. N. har 9 xaftadan so‘ng semestr davomida 2 marotaba natijalanadi.

№	**1- J. N.**		**Jami**	**2- J. N.**		**Jami**	**Jami**
	Auditoriya darslaridan olgan ballari	**Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari**		**Auditoriya darslaridan olgan ballari**	**Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari**		
1.	**9 ball**	**5 ball**	**14 ball**	**9 ball**	**12 ball**	**21 ball**	**35 ball**

№	**J. N.**		**Jami**
	Auditoriya darslaridan olgan ballari	**Xisoblash –grafik ishlaridan olgan ballari**	
1.	**18 ball**	**17 ball**	**35 ball**

Amaliyot darsi 18 soatlik bo‘lsa, J.N. semestrning oxirgi xaftasida 1 marotaba natijalanadi.

Amaliyot darsi 54 soatlik bo‘lsa, J. N. har 9 xaftadan so‘ng semestr davomida 2 rotaba natijalanadi.

№	**1- J. N.**		**Jami**	**2- J. N.**		**Jami**	**Jami**
	Auditoriya darslaridan olgan ballari	**Xisoblash – grafik ishlaridan olgan ballari**		**Auditoriya darslaridan olgan ballari**	**Xisoblash – grafik ishlaridan olgan ballari**		
1.	**14 ball**	**2 ball**	**16 ball**	**13 ball**	**6 ball**	**19 ball**	**35 ball**

“Nazariy mexanipka” fanidan O.N. ballari quyidagi aniqlanadi:

O.N. lar kafera majlisining qaroriga asosan yozma, test shaklida o‘tkaziladi. O.N. larni ma'ruza olib boruvchi o‘qituvchisi o‘tkazadi va ballarini belgi- laydi. ON ma'ruza darslarining o‘quv rejada belgilangan soatlariga asosan 36 va 54 soatlik uchun 2 marotaba va 18 soatlik uchun 1 marotaba o‘tkaziladi. Yozma ish yoki test o‘tkazish uchun tuzilgan variantlarga mustaqil ish savollari kiritilishi shart. “ Nazariy mexanika ” fanidan oraliq nazorat variantlari 36 soatlik uchun 4 ta savoldan, 54 soatlik uchun 5 ta savoldan va 18 soatlik uchun 6 ta savoldan iborat bo‘ladi.

llar taqsimoti:

№	**Dars soatlari**	**Variantlar bo‘yicha ballar taqsimoti**		**Jami**
		1- O.N.	2- O.N.	
1.	**36 soat va 54 soat**	**17 ball**	**18 ball**	**35 ball**
2.	**18 soat**	O.N.		**35 ball**
		35 ball		

Ўқитиш шакллари бўйича ажратилган соатлар

№	Мавзу номи	Ўқитиш шакллари бўйича ажратилган соат						
		Умумий юклама	Аудитория машғулотлари (соатларда)					
			Жами	Маъруза	Амалиёт	Лаборотия	Курс иши	Мустақил иш
1	**Механикага кириш. Статиканинг асосий аксиомалари**	4	2	2	-	-	-	2
2	**Боғланиш ва боғланиш реакция кучлари. Кесишувчи кучлар системаси (ККС). Кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проекцияси. ККС мувозанати.**	6/8	4	2	2	-	-	2/4
3	**Нуқтага ва ўққа нисбатан куч моменти. Кучнинг ўққа нисбатан моменти билан шу ўқда ётувчи нуқтага нисбатан моменти орасидаги муносабат. Жуфт куч. Жуфт куч моментига оид теорема. Жуфт куч моментининг векторлиги.**	6	4	2	2	-	-	2
4	**Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасини бир марказга келтириш. Бош вектор ва бош момент. Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанати. Статик аниқ ва статик ноаниқ масалалар.**	8/10	6	2	4	-	-	2/4
5	**Нуқта кинематикаси. Ҳаракат қонунининг берилиш усуллари. Ҳаракат қонунининг берилишига қараб тезлик ва тезла- нишларни аниқлаш**	6/8	4	2	2	-	-	2/4
6	**Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари. Илгариланма ва қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофида айланма ҳаракатларида тезли к ва тезланиш.**	8/10	6	2	4	-	-	2/4
7	**Қаттиқ жисмнинг текис-параллел ҳаракати.**	8/10	6	2	4			2/4
8	**Нуқтанинг мураккаб ҳаракати. Кориолис тезланиш.**	8/10	4	2	2			4/6
9	**Динамикага кириш. Динамиканинг асосий масалалари.**	6/8	4	2	2			2/4
10	**Моддий нуқтанинг эркин тебранма ҳаракати. Сўнувчи тебранма ҳаракат**	6/8	4	2	2			2/4
11	**Мажбурий тебранма ҳаракат.**	4	2	2				2
12	**Механик системага кириш. Инерция моменти. Массалар маркази. Система массаси. Гюйгенс-Штейнер теоремаси.**	4	2	2				2
13	**Массалар марказининг ҳаракати ҳақидаги теорема. Моддий нуқта ва механик система Ҳаракат миқдорининг ўзгариши Ҳақидаги теорема.**	8	4	2	2			4
14	Моддий нуқта ҳаракат миқдор моментининг ўзгариши Ҳақидаги теорема. Кинетик момент ўзгариши ҳақидаги теорема.	8	4	2	2			4
15	Моддий нуқта ва механик система кинетик энергиясининг ўзгариши ҳақидаги теорема.	6	4	2	2			2
16	Моддий нуқта ва механик система учун Даламбер принципи. Боғланишлар классификацияси.	8	4	2	2			4
17	Мумкин бўлган кўчиш. Умумлашган координаталар. Эркинлик даража. Мумкин бўлган кўчиш принципи.	8	4	2	2			4
18	Лагранжнинг II-тур дифференциал тенгламалари.	8	4	2	2			4
	Семестр жами	120/136	72	36	36	-	-	48/64

ДАСТУРНИНГ ИНФОРМАТЦИОН-УСЛУБИЙ ТАЪМИНОТИ

Фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий тармоқлар усули, мултимедиа усуллари, интерактив ва фикрлар хужуми усулларидан, кўргазма қуроллардан, баннерлардан, электрон дарсликлардан, ўқув плакатларидан, слайдлардан фойдаланиш назарда тутилган.

Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати

Асосий адабиётлар

1.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-1, 2013 y., - 204 p.

2.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-2, 2013 y., -261 p.
3. A. Ruina, R. Pranap, «Introduction to statics and dynamics »,Oxford University Press, 2013 y., -1039 p.
4. F.Smith and W.R.Longley «Theoretical mechanics », NEW YORK-LONDON, 2014 y., -288 p.
5. Shoobidov Sh.A., Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.
Nazariy mexanika. O‘uv qo’llanva. –T.: Yangi asr avlodi, 2008. – 238 b.
6. Mirsaidov M.M., Boymurodova L.I.,Giyasova N.T. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanma–T.: O‘zbekiston, 2008. –246 b.
7**. Habibullayeva X.N.** Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. (Dinamika),-T.: ТДТУ, 2010. -160 b.
8. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.Ўқув қўлланма --Т.: Ўқитувчи, 1990 . - 448 б.
9. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Учебное пособие.СПб.: Лань, 2005. - 448с.
10**. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р.** Курс теоретической механики: Учебник. Спб.:Лань, 2008. - 736 с.
11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник. – М.: Высшая школа, 2002. -584 с.
12. Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.
«Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» -Т.: Зиё-нашр, 2002.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1.Мирзиёев Ш.М.
Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.:“Ўзбекистон”НМИУ, 2016.56 б.
2.Мирзиёев Ш.М.
Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016.48 б.
3.Мирзиёев Ш.М.
Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. -Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.
4.XabibullayevaX.N. «Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi» Uslubiy ko‘rsatma. T.:TDTU, 2015.
5. Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.«Nuqtaning murakkab harakati» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU,2011.
6. Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Ҳаракат дифференциал тенгламаларини интеграллаш» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2009.
7. Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Тебранма ҳаракатлар» . Услубий

кўрсатма. -Т.:ТДТУ, 2011.
8. K.A. Karimov, X.N.Xabibullayeva «Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetic energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU, 2013.
9. Хабибуллаева Х.Н., Файзуллаева Ф.Д. «Нуқта кинематикаси» Услубий кўрсатма. Т.:ТДТУ, 2008.
Elektron resurslar
1.www.ilm.uz
2.www.ziyonet.uz
3.www.referat.uz
4.http: //www. amazon.com/ Theory-Gearing-Kinemaniks-C-Geometry-Sunthesis/dp/ 1466514485/ref=sr117s =books&ie=UTF8&qid=1337101207& sr=1-1
5. http: //www.titli.uz/ index . php/ru/ axborot – resurslari1/ o’quv qo’llanmalar / nazariy mexanika.htm1

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

Тошкент давлат техника университети

Рўйхатга олинди
№__________________
«_____» _________ 2017 йил

ТАСДИҚЛАЙМАН
Ўқув ишлари бўйича проректор
___________О.Зарипов
"__" _________2017йил

МЕХАНИКА 1
ФАНИ
ИШЧИ ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси(лари): **300 000 –Ишлаб чиқариш техник соҳа;**
600 000 –Хизматлар сохаси.
320 000 – Ишлаб чиқариш технологиялари.

Таълим соҳаси(лари**)**: **310.000 - Муҳандислик иши.**
610 000 –Хизмат кўрсатиш соҳаси.
320 000 – Ишлаб чиқариш технологиялари

Таълимйўналиш(мутахассислик)лари:
5310100- Энергетика (гидроэнергетика),
5310100- Энергетика (иссиқликк энергетикаси).
5310200- Электр энергетикаси(электр таъминоти),
5312100- Энергоаудит ва саноат корхоналари нинг энергетик текшируви,
5311000-Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқариш.

Таълим йўналиши (мутахассислик) коди в номи	Талабаниниг ўқув юкламаси, соат								Семестрлар, соат	
	Умумий юклама хажми	Аудитория машғулотлари						Мустақил таълим	семестр	соат
		Жами	Маъруза	Амалий	Лабор.иши	Семинар	Курс иши(			
531 0100-Энергетика (гидроэнергетика),	120	72	36	36	-	-	-	48	3	4
5310100-Энергетика (иссиқлик энергетикаси).	120	72	36	36	-	-	-	48	3	4
5310200-Электр энергетикаси(электр таъминоти)	120	72	36	36	-	-	-	48	3	4
5312100- Энергоаудит ва саноат корхоналари нинг энергетик текшируви,	120	72	36	36	-	-	-	48	2	4
5311000- Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштир иш ва бошқариш	120	72	36	36	-	-	-	48	3	4

Тошкент – 2017

Ишчи ўқув дастур Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигида № __________ рақам билан рўйхатга олинган ва 2017_ йил “__” ________ да ________- сонли буйруқ билан тасдиқланган намунавий фан дастури асосида тузилган.

Тузувчилар: проф.Каримов К.А .
доц. Хабибуллаева Х.Н.

Ишчи ўқув дастур Механика факультетининг “Назарий механика ва машина ва механизмлар назарияси” кафедраси мажлисида (2017йил “_21_” _08.2017й._______ __1 - сон баённома) мухокама этилди ва факультетнинг ўқув-услубий кенгашига тавсия этилди.

Кафедра мудири : доц.Бегимов Н.Н.
Котиба: кат.ўқ.Қурбонова З.М.

Дастур Энергетика факультетининг ўқув-услубий кенгашида кўриб чиқилди (2017 йил “__” ________ __ - сон баённома) ва университетнинг Илмий-услубий кенгашига тасдиқлашга топширилди.

Ўқув-услубий кенгаш раиси: доц.Абдуллаев Б.
Котиба: кат.ўқ. Алимова М.

.

Ишчи ўқув дастур университетнинг Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилди ва тасдиқланди (2017 йил ___ август ___-сон мажлис баённомаси).

Илмий-услубий кенгаш котиби Н.Мамбетов

КИРИШ

Ушбу ишчи ўқув дастури «Назарий механика» фанининг 310. 000 – Мухандислик иши таълим соҳасидаги келтирилган 5310100- Энергетика (гидроэнергетика), 5310100- Энергетика (иссиқлик энергетикаси), 5310200- Электр энергетикаси(тармоқлар ва йўналишлар бўйича), 5312100- Энергоаудит ва саноат корхоналари нинг энергетик текшируви, 5311000- Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва бошқаришбакалавриат таълим йўналишларида таълим олаётган бакалаврлар учун тайёрланган. Ишчи ўқув дастурни тузишда техника йўналиши бўйича бакалаврлар тайёрлашда иштирок этаётган йирик олий ўқув юртларининг "Назарий механика" фанини ўқитётган кафедралар тажрибаси, ҳамда ривожланган мамлакатлар олий ўқув юртларида "Назарий механика" фанидан қўлланиб келинган дастурлар ўрганиб чиқилган ва бакалаврларга қўйилган талаблар асос қилиб олинган. «Назарий механика» фанини ўзлаштиришда талабалар умумтаълим фанларидан: аналитик геометрия, дифференциал геометриядан баъзи маълумотларни, олий алгебра, математик таҳлил, дифференциал тенгламалар назариясини ва бошқа математик фанлар, физика, чизма геометрия ва информатика фанларидан ўзлаштирган билимларига асосланадилар. Ҳозир информацион технологиялар, ядро энергетикаси, космонавтика ва электрониканинг ривожланиши натижасида механикада турлича физик табиатга хос электромагнит, иссиқлик, ёруғлик ва химиявий хусусиятларига эга бўлган кучлар таъсиридаги тизимларнинг ҳаракатини ўрганишга оид масалалар қўйилмокда. Техниканинг барча соҳаларида, айниқса, умумий машинасозлик, асбобсозлик, қурилиш, автоматика, микророботлар техникасида, медицинада, ҳисоблаш техникасида, ҳамда махсус техника ва космос ривожланишида ва уларнинг механизмларини яратишда талабаларнинг «Назарий механика» фанидан олган билимлари асосий ўринни эгаллайди.

1.1. Фанининг мақсади ва вазифалари

Замонавий техниканинг барча соҳаларининг ривожланиши, технологик жараёнлар ва уларга қўйилаётган талабларни ҳисобга олган ҳолда янги илмий масалаларни ечиш ниҳоят даражада долзарбдир. Шу талабларга жавоб бера оладиган механик муаммоларни назарий асосларини яратиш, яратиш, ўз навбатида, талабаларга «Назарий механика» фанини ўқитишдан асосий мақсадлар нималардан иборат эканлигини асослаб бериш учун дастуруламал бўла олади.

Фанни ўзлаштиришда дарс – таълимнинг асосий шакли экан, у илмий, тизим- ли, тушунарли, онгли ва фаол бўлиши, билимлар мустахкам ўзлаштирилиши, талабанинг шахсий хусусиятлари эътиборга олинган холда ташкил этилиши лозимдир. Бакалаврларга «Назарий механика» фанини ўргатишдан мақсад, уни келгуси илмий-техникавий тараққиёт жараёнида учрайдиган турлича масалалар ва янгиликларни мустақил равишда ҳал қилишини таъминлашдан иборат.Шубилан бирга «Назарий механика» фанини ўрганиш, бўлажак бакалаврни дунё- қарашини, фикрлаш қобилиятини ўстиришга, назарий билимларни тадбиқий масалаларни ечишга қўллай олиш қобилиятини шакллантириш учунёрдам бериши лозимдир. «Назарий механика» фани физика-математика фанлари сингари, умумилмий фундаментал фанларнинг бири сифатида ўрганилади. «Назарий механика» фани эса барча техника фанларининг асосини ташкил этади.

1.2. Фан бўйича талабаларнинг билимига, кўникма ва малакасига қўйиладиган талаблар.

Ўқув фанини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида бакалавр:

– "Назарий механика"фани бўйича табиатда содир бўладиган барча механик ҳаракатларни умумий қонуниятларини ва бу қонунларни барча турдаги машина ҳамда механизмлар ҳаракатига қўллашни ва содир бўлаётган ҳаракатнинг барқарорлигини ҳамда устивор кечиши ***ҳақида тасаввурга эга бўлиши;***

– машина ва механизм қисмларининг тезлик ва тезланишини ҳамда уларга таъсир этувчи кучларнинг ўзгариш қонуниятларини;

– жисмларнинг мувозанат тенгламалари, механиканинг асосий қонунлари, теоремалари, принциплари, ҳаракатнинг устиворлиги ва барқарорлиги, механик системанинг ҳаракати ва мувозанатини ***билиши ва улардан фойдалана олиши;***

– ҳаракат содир бўлаётган фазо ва унинг ҳоссаларини ҳамда ишлаб чиқариш технологик жараёнларига энг содда физик ва математик моделларни қуриш ва бу моделлар асосида технологик жараённи барқарорлигини таъминлаш ***кўникмаларига эга бўлиши керак.***

Қўйилган вазифалар ўқиш жараёнида талабаларнинг маъруза, тажриба ва амалий машғулотларида фаол иштирок этиши, адабиётлар билан мустақил ишлаши ва ўқитувчи кузатувида мустақил таълим олиши билан амалга ошади.

1.5. Фаннинг ўқув режасидаги бошқа фанлар билан ўзаро боғлиқлиги

«Назарий механика» фани олий техника ўқув юртларида ўқитиладиган асосий фундаментал фанлардан биридир. Дастурни амалга ошириш ўқув режасида режалаштирилган табиий фанлар (олий математика, физика, информатика, чизма геометрия) фанларидан етарли билим ва кўникмаларга эга бўлишни талаб этади. Ўз навбатида эса моддий жисмларнинг ўзаро таъсири ва механик ҳаракати ўрганиладиган бир қатор фанлар механика номи билан боғлиқдир. Ишчи органларнинг ҳаракати ўрганиладиган машина ва механизмлар назарияси, амалий механика, суюқликлар ва уларга ботирилган жисмларнинг ҳаракати ўрганиладиган гидромеханика, газсимон жисмларнинг ҳаракати ва қаттиқ жисмларнинг газсимон муҳитдаги ҳаракати ўрганиладиган аэромеханика, тирик организмларнинг механик хоссалари ва уларда содир бўладиган механик ҳодисалар ўрганиладиган биомеханика каби фанлар шулар жумласидан. Турли иншоотлар, машина ва механизм қисмларини тадқиқ қилиш ҳамда лойиҳалашнинг умумий усуллари ўрганиладиган техника фанлари материаллар қаршилиги ва машина деталлари ҳам механикага тааллуқдир. Ишлаб чиқариш процессларининг механизациялаштирилиши ва автоматлаштирилиши, ҳамда турли хил иншоотларни лойихалаш ишлари умумтехника фанларининг асоси бўлган назарий механикани пухта ўрганишни талаб қилади.

1.4. Фаннинг ишлаб чиқаришдаги ўрни

Механика соҳасидаги изланишлар математиканинг ривожланишига катта ҳисса қўшган ва қўшиб бормоқда.Классик механика илмий–техник ривожланишининг пойдеворидир. Механика фанидан тушунчага эга бўлмай, техник фанларни ўрганиш мушкулдир. Механика фани техниканинг барча соҳаларидаги назарий ва амалий ҳисоблашларнинг ва лойиҳалашларнинг асосидир. Механика қонунларидан қурилишнинг барча соҳаларига мансуб бўлган иншоотларни лойиҳалашда фойдаланилади.

Механика ер ҳақидаги фаннинг асосини ташкил қилади. Буларга математик метрология, океан тўлқинларини ва дарё оқимларини ўрганиш, сейсмология киради. Механика қонунларига хайвонларнинг кўчиши, қушларнинг учиши, балиқлар ҳаракати ва қон томирларидаги қон ҳаракати бўйсунади. Плазма ҳаракати, зарядланган заррачаларнинг магнит ва электр майдонидаги ҳаракати ҳам механика қонунларига бўйсунади.

Механика самолётсозлик, ракета ҳаракати назариялари учун хам асосдир.Ракета ва авиация техникасининг ривожланиши назарий механиканинг ўзгарувчан массалар механикаси, нисбий ҳаракат механикаси, гироскоп назарияси ва ҳаракатларнинг устиворлиги, кичик тебранишлар назарияси, механиканинг вариацион масалалари ва оптималлаштириш масалалари каби бўлимларининг ривожланиши билан чамбарчас боғлиқдир.

Юқорида келтирилган мисолларга асосан таъкидлаш мумкинки, «Назарий механика» фани барча техника фанларининг ривожланиши учун асосий пойдевордир.

1.5. Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Фундаментал фанларнинг таркибий қисмларидан бўлган «Назарий механика» фанини талабалар томонидан чуқур ўзлаштирилиши учун ўқув жараёнининг илғор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информатцион ва педагогик технологияларни тадбиқ қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўзлаштиришда дарслик, ўқув ва услубий қўлланмалар, маъруза матнлари, мултимедия усуллари, электрон ўқув қўлланмалари, баннерлар, кўргазма қуроллари, плакатлар, ўқув машғулотларини бажариш имкониятини берадиган замонавий компютер техникасидан унумли фойдаланиш яхши самаралар беради. Талабаларга маъруза ва амалий машғулотларни ўтишда, ҳисоблаш - график ишларини бажаришда ва ҳимоя қилишда ўқув машғулотларини бажариш имкониятини берадиган замонавий компютер техникасидан, ҳар бир мавзуни виртуал тасаввур орқали ўқитилишини таъминловчи демонстратцион ускуналар ва ўқув кўргазмали қуроллар тўпламидан фойдаланилади.

2.Nazariy mashg‘ulotlarining mazmuni

Nazariy mexanikaga kirish

Statika.

1-modul. Statikaning asosiy tushunchalari va aksiomalari.

1-mavzu. Qattiq jism statikasi.Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari: mutloq /absolyut/ qattiq jism, kuch, muqobil /ekvivalent/ va muvozanatlashgan kuchlar tizimlari, teng ta'sir etuvchi. Statika aksiomalari. Bog‘lanishlar va bog‘lanish reaksiyalari. Bog‘lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.

2-modul.Kesishuvchi kuchlartizimi.

2-mavzu. Kesishuvchi kuchlar tizimi. Kuchlarni qo‘shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo‘yilgan va kesishuvchi kuchlar tizimsi. Kesishuvchi kuchlarni geometrik usulda qo‘shish.Kesishuvchi kuchlar tizimi teng ta'sir etuvchisini analitik usulda aniqlash. Kesishuvchi kuchlar tizimi muvozanati shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Uch kuchning muvozanatiga oid teorema.

3-modul.Kuchning nuqtaga va o‘qqa nisbatan momenti

3-mavzu.Kuch momenti.Kuchning nuqtaga nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning nuqta nisbatan momenti vektori. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti va uning xossalari. Kuchning o‘qqa nisbatan momenti bilan shu o‘qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat.

Juft kuchlar nazariyasi.Juftning algebraik momenti.Juft kuch moment vektori.Juft kuch momenti haqidagi teorema. Juftlarning muqobilligi haqida teorema va natijalar. Juftni o‘zining ta'sir tekisligiga parallel tekislikka ko‘chirish haqidagi teorema.Bir tekislikda joylashgan juftlarni qo‘shish.Kesishuvchi tekislikdagi juftlarni qo‘shish.Juftlar tizimsining muvozanat shartlari.

4-modul.Kuchlarni bir markazga keltirish

4-**mavzu.**Kuchni o‘ziga parallel ko‘chirish.Fazoda ihtiyoriy joylashgan kuchlar tizimi.Fazoviy kuchlar tizimi.ni bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar tizimining bosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar tizimsining invariantlari.Fazoviy kuchlar tizimini juftga yoki teng ta'sir etuvchiga keltiriladigan hollar.Varinon teoremasi. Fazoviy kuchlar tizimi.muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi. Xususiy hollarda muvozanat shartlari.

Tekislikdagi kuchlar tizimi.Tekislikdagi kuchlar tizimining muvozanati. Tekislikdagi kuchlar tizimi muvozanat shartlarining uch xil ko‘rinishda ifodalanishi. Tekislikdagi parallel kuchlar tizimining muvozanati. Yuzaga tekis taralgan kuchlar va ularni to‘plangan kuch bilan almashtirish. Bir necha jismdan tashkil topgan tizim muvozanati. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

Kinematika.

5-modul.Nuqta kinematikasi

5-**mavzu.**Kinematikaga kirish.Kinematikaning asosiy tushunchalari. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi.Sanoq tizimsi. Nuqta kinematikasi.Nuqta harakat qonunining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi /traektoriyasi.Nuqtaning tezlik va tezlanishi.Nuqtaning tezlik va tezlanishvektorlari. /Tezlik godografi/.

Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash. Nuqtaning tezlik va tezlanishini uning tabiiy uch yoqlik o‘qlaridagi proeksiyalari orqali aniqlash; urinma va normal tezlanishlar. Nuqta tezligi va tezlanishini qutb koordinatalarida aniqlash.

6-modul.Qattiq jismning sodda harakatlari

6-**mavzu**Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqidagi teorema.

Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi, hamda ularni vektor tarzda tasvirlash.

Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlik va tezlanishi. Eyler formulasini aniqlash. /Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko‘paytma orqali ifodalash/. Eylerning kinematik tenglamalari.

7-modul.Qattiq jismning tekis-parallel harakati

7-**mavzu.**Qattiq jismning tekis harakati vauni tekis shaklining o‘z tekisligidagi harakatga keltirish. Tekis-parallel harakat tenglamalari. Tekis shakl harakatini

qutb bilan birgalikda oniy ilgarilanma va qutb atrofida oniy aylanma harakatlarga ajratish. Burchak tezlik va burchak tezlanishning qutb tanlanishiga bog‘liq emasligi. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash.Tekis shakl ikkita nuqtasi tezliklarining proeksiyalari haqidagi teorema.
Tezliklar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezligini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishini qutb usulida aniqlash. Tezlanishlar oniy markazi va undan foydalanib tekis shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash.

8-modul.Murakkab harakat

8-**mavzu.**Nuqtaning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq /absolyut/ harakatlari. Ko‘chirma harakat, ilgarilanma yoki qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat bo‘lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo‘shish haqidagi teoremalar. Koriolis tezlanishi.
Qattiq jismyning murakkab harakati.Erkin qattiq jism harakatining umumiy holi.Erkin qattiq jismning harakat tenglamalari. Bu harakatni qutb nuqtasi bilan birgalikdagi ilgarilama harakat va qutb nuqtasi atrofidagi aylanma harakatlarga ajratish. Erkin qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.

Dinamika.

9-modul.Dinamikaga kirish.Dinamikaning asosiy qonunlari.

9-**mavzu.**Asosiy tushunchalar: massa, moddiy nuqta, faol /aktiv/ va passiv kuchlar; o‘zgarmas va o‘zgaruvchi kuchlar. Klassik mexanika Galiley-Nyuton qonunlari.inersion va noinersion hisob tizimlari. Moddiy nuqta harakati differensialtenglamalari. Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy koordinatalarda ifodalanishi.

Moddiy nuqta dinamikasi.

10- modul.Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalari

10-**mavzu.**Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamikaning birinchi va ikkinchi asosiy masalalarini yechish; integrallash o‘zgarmaslari va ularni boshlang‘ich shartlarga ko‘ra aniqlash. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakat differensial tenglamasini sodda hollarda yechish.

11-modul. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tebranma harakatlari

11-**mavzu**Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli erkin bir maromdagi /garmonik/ tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi,tebranish davri va tebranish takrorligi /chastotasi/. /Moddiy nuqtaning tezlikni birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuchi ta'siridagi so‘nuvchi tebranma harakati; so‘nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so‘nuvchi harakatlar.
12-**mavzu.**Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans.Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri.(Nuqtaning tebranma harakati kafedra qarori bilan erkinlik darajasi birga teng mexanik tizim tebranma harakatining xususiy holi sifatida o‘tilishi ham mumkin).

12-modul. Mexanik tizim dinamikasiga kirish.

13-**mavzu.**Qattiq jism dinamikasi.Mexanik tizimlar.tizimlar massasi.Tizim massalar markazi va uning koordinatalari. Mexanik tizimlar.ta'sir etuvchi kuchlarni klassifikatsiyasi.Ichki kuchlarning xossalari.

13-modul.Inersiya momenti

Mexanik tizimva qattiq jismning qutbga, o‘qqa va tekislikka nisbatan inersiya momentlari haqidagi teorema. Inersiya radiusi.Jismning o‘zaro parallel o‘qlarga nisbatan inersiya momentlari haqida teoremasi.Ba'zi bir jinsli jismlar /sterjen, halqa, silindr, disk, to‘g‘ri to‘rtburchak, sharning o‘qqa nisbatan inersiya momentlari.

(Berilgan nuqtadan o‘tuvchi ihtiyoriy yo‘nalishdagi o‘qqa nisbatan inersiya momenti.Markazdan qochma inersiya momentlari.Inersiya ellipsoidi. Inersiya bosh o‘qlari va bosh momentlari hamda ularning xossalari).

14-modul.Dinamikaning umumiy teoremalari.

14-**mavzu.**Mexanik tizimlar harakatning differensial tenglamalari.Mexanik tizim massalar markazining harakati haqidagi teorema.Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni.

Moddiy nuqta va mexanik tizim harakat miqdori; mexanik tizim harakat miqdorini massalar markazining tezligi orqali ifodalanishi. Kuch impulsi.Mexanik tizim harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaning differensial va integral ko‘rinishlari.Harakat miqdorining saqlanish qonuni. Moddiy nuqta harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan momenti.16-**mavzu.**Mexanik tizim harakat miqdorining markazga yoki o‘qqa nisbatan bosh momenti /kinetik momenti/. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o‘qiga nisbatan kinetik momenti. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik momentining o‘zgarishi haqidagi teorema. Kinetik momentning saqlanish qonuni. /Mexanik tizimning massalar markaziga nisbatan kinetik momentning o‘zgarishi haqida teorema/.

15-**mavzu** Kuchning elementar ishi; uning analitik ifodasi.Kuchning chekli oraliqdagi ishi.Og‘irlik kuchi, elastiklik kuchi, tortishish kuchi, ishqalanish kuchi va aylanuvchi jismga qo‘yilgan kuchning ishi. Ichki kuchlarning ishi. Quvvat.**.** Moddiy nuqta va mexanik tizimning kinetik energiyasi. Qattiq jismning ilgarilanma, aylanma va tekis parallel harakatlarida kinetik energiyasini hisoblash formulalari. Moddiy nuqta va mexanik tizim kinetik energiyasi o‘zgarishi haqidagi teoremaning turli ko‘rinishlari.

15-modul.Dalamber tamoili.

16-**mavzu.**Moddiy nuqta uchun Dalamber tamoili /nazariyasi/.Inersiya kuchi.Mexanik tizim uchun Dalamber tamoili. Inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Qattiq jism inersiya kuchlarini bir markazga keltirish va uning xususiy hollari. Bog‘lanishdagi moddiy nuqta va mexanik tizim dinamik reaksiyalarini Dalambertamoilidan foydalanib aniqlash.

16-modul.Analitik mexanika elementlari.

17-**mavzu.**Bog‘lanishlar va bog‘lanish tenglamalari. Bog‘lanishlarni klassifikatsiyasi: golonomli va begolonomli, statsionar va nostatsionar, qutila

olmaydigan va qutila oladigan bog‘lanishlar. Mexanik tizimning mumkin bo‘lgan ko‘chishlari.
Tizimning erkinlik darajasi.Ideal bog‘lanishlar. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.Umumlashgan kuchlar va ularni hisoblash (kuch potensialiga ega bo‘lgan hol).
18-**mavzu.**Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili Mumkin bo‘lgan ko‘chish tamoili bog‘lanish reaksiyalarini aniqlashga tatbiqi. Mexanik tizim muvozanat shartlarini umumlashgan koordinatalarda ifodalash.Potensialli kuchlar holi.
-Lagranj tamoili. Dinamikaning umumiy tenglamasi.
Mexanik tizim harakati differensial tenglamalarning umumlashgan koordinatlarda ifodalanishi. Lagranjning 2-tur tenglamalari

Амалий машғулот мавзуларининг рўйхати

- Текисликдаги К.К. тизими;
- Фазодаги К.К. тизими;
- Текисликдаги ихтиёрий кучлар тизими;
- Фазодаги ихтиёрий кучлар тизими;
- Нуқта кинематикаси;
- Қаттиқ жисмнинг қўзғолмас ўқ атрофида айланма ҳаракати,
- Текис параллел ҳаракат,
- Нуқтанинг ва қаттиқ жисмнинг мураккаб ҳаракати;
- Динамиканинг 1- асосий масалаласи;
- Динамиканинг 2- асосий масалаласи;
- Моддий нуқтанинг тўғри чизиқли тебранма ҳаракатлари;
- Моддий нуқтанинг нисбий ҳаракати;
- Динамиканинг умумий теоремалари;
- Даламбер тамоили;
- Мумкин бўлган кўчиш тамоили;
- Динамиканинг умумий тенгламаси;
- Лагранжнинг иккинчи тур тенгламалари;
- Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган механик тизимнинг кичик тебранишлари;

2.3. Ҳисоблаш – график ишларини бажариш ва ҳимоя қилиш бўйича асосий тавсиялар

Талабаларни фанни тўлиқ ўзлаштиришлари учун, мустақил масалалар еча олишларида фикрлаш жараёнини шакллантириш ва чуқурлаштириш мақсадида ҳисоб-график ишлари асосий дастурамал бўлади. Ҳисоб-график ишлари дарс соатларини ва таълим йўналишларини ҳисобга олган ҳолда ҳар бир ўқитилаётган семестр учун 3 та топшириқдан иборат бўлиб, амалиёт дарси олиб борувчи ўқитувчига ҳар бир талаба учун семестрда 1 соатданюклама ажратилади. Топшириқлар Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.ларнинг «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» дан ёки кафедра профессор, ўқитувчилари ва бошқа муаллифлар томонидан тузилган топшириқлар мажмуасидан олиниб, ҳар бир талаба учун алоҳида вариант берилади. Бу топшириқлар «Назарий механика» фанинг 3 та бўлимини ўз ичига олган бўлиб, куч моментларини ҳисоблаш, кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проексияси, мувозанат тенгламаларини тузишни ўрганиш учун текисликдаги ва фазодаги ихтиёрий жойлашган кучлар тизими мувозанатига доир ва шу каби масалаларни ўз ичига олади. «Назарий механика» фундаментал фанини ҳозирги замон техникаси ва технологияларида ишлатилаётган машина ва механизмлар ишчи қисмларининг кинематик параметрларини ҳисоблаш ва уларни қўллай билиш учун тезлик ва тезланиш тушунчалари жуда муҳим бўлиб, уларни ҳисоблашни ўрганиш мақсадида кинематика бўлимидан ҳам топшириқлар берилади. Ҳаракатни кучларга боғлаб ўрганиш, дифференсиал тенгламаларни ечиш, ҳозирги заман техникасининг энг асосий муаммоларидан бири тебраниш ва вибратсиядан тушунчалар бериш мақсадида, механик тизим учун кинетик энергия тушунчаси ва унинг ўзгариши ҳақидаги теоремани қўллаш, аналитик механикадан дастлабки тушунчалар бериш максадида динамика бўлимидан топшириқлар киритилади. Умуман олганда «Назарий механика» фани фундаментал фан бўлиб, талабаларга бундан кейин ўргатиладиган тадбиқий фанлар, амалий механика, машина ва механизмлар назарияси, машина деталлари ва тадбикий мутахассислик фанларини ўрганишида кўприк вазифасини бажарувчи фанлар туркумига киради. Шунинг учун ҳам «Назарий механика» фанидан ҳисоб-график ишларини киритилиши ва ўқув жараёнига тадбиқ этилиши талабаларнинг умумкасбий фанларига қизиқишларида, ҳамда фундаментал ва тадбиқий фанларнинг узвийликларини таъминлашга асос бўлади.

2.4. Мустақил таълимни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Ўқув режасида ҳар бир йўналишлар бўйича «Назарий механика» фанига ажратилган соатларнинг маълум бир қисмини мустақил иш ташкил этади. Талабалар билимларини мустаҳкамлаш учун мустақил ишлар асосий рол ўйнайди. Чунки ўтилган мавзулар ва амалий машғулотлардан олган билимларини адабиётлар, интернет тармоғидан олган маълумотлар бўйича мустаҳкамлайдилар. Талабалар кўпинча маъруза матнларидан фойдаланиш билан чегараланадилар. Талаба бу билан фанни тўлиқ ўзлаштира олмайди. Бу эса фан ҳақида маълумот доирасини чегаралайди. Фаннинг афзаллигини тўлиқ ўзлаштириш ва унинг қўлланиш соҳаларини чуқур ўрганиш учун мустақил иш бажарилади. Талаба мустақил ишларни бажаришда дарслик, ўқув қўлланмалар, тарқатма материаллар, электрон адабиётлардан фойдаланади. Ҳар бир мутахассислик учун мустақил ишлар мазулари кафедра томонидан белгиланади.

Талабалар мустақил ишни тайёрлашда «Назарий механика» фанинг хусусиятларини ҳисобга олган холда қуйидаги шакллардан фойдаланиши тавсия этилади:

-дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш;
-тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
-компютер технологтялари тизимлари билан ишлаш;
-махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
-фаол ва муаммоли ўқитиш услубидан фойдаланиладиган ўқув машғулотларини ўтказиш;
-масофавий (дистанцион) таълим.

Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари:

- Текисликда жойлашган кучлар тизимининг мувозанати;
- Қаттиқ жисмнинг реакция кучларини аниқлаш;
- Фазода жойлашган кучлар тизимсининг мувозанати;
- Нуқта кинематикаси;
- Нуқтанинг мураккаб ҳаракати;
- Қаттиқ жисмнинг текис - параллел ҳаракати:
- Моддий нуқта динамикаси;
- Қаттиқ жисм динамикаси;
- Механик тизим ҳаракати.
- Аналитик механика

2.7. Ўзлаштириш назорати шакли

Талабаларнинг амалиёт дарсларидан олган жорий назорат баллари ҳақида маълумот.

Ж.Н.баллари талабаларнинг амалиёт дарсларидаги ўзлаштиришларини ифодалайди. Ж.Н.баллари амалиёт ўқитувчилари томонидан белгиланади ва натижалари маъруза олиб борувчи ўқитувчига берилади.
I. "Назарий механика" фанидан Ж.Н. баллари қуйидаги тартибда аниқланади:

№	Аудитория дарсларидан олган баллари (36 соатлик амалиётдан)	Хисоблаш –график ишларидан олган баллари (талаба 3 та иш бажаради)	Жами
1.	1 балл х18 хафта =18 балл	5+6+6= 17 балл	35 балл
№	Аудитория дарсларидан олган баллари (18 соатлик амалиётдан)	Хисоблаш –график ишларидан олган баллари(талаба 3 та иш бажаради)	Жами
1.	2 балл х 9 хафта =18 балл	5+6+6= 17 балл	35 балл

№	Ж.Н.		Жами
	Аудитория дарсларидан олган баллари	Хисоблаш –график ишларидан олган баллари	
1.	18 балл	17 балл	35 балл

а) Амалиёт дарси 36 соатлик бўлса, Ж. Н. ҳар 9 хафтадан сўнг семестр давомида 2 маротаба натижаланади.
б) Амалиёт дарси 18 соатлик бўлса, Ж.Н. семестрнинг охирги хафтасида 1 маротаба натижаланади.

II. "Назарий механипка" фанидан О.Н. баллари қуйидаги аниқланади:

О.Н. лар кафера мажлисининг қарорига асосан ёзма, тест шаклида ўтказилади. О.Н. ларни маъруза олиб борувчи ўқитувчиси ўтказади ва балларини белги- лайди. ОН маъруза дарсларининг ўқув режада белгиланган соатларига асосан 36 соатлик учун 2 маротаба ва 18 соатлик учун 1 маротаба ўтказилади. Ёзма иш ёки тест ўтказиш учун тузилган вариантларга мустақил иш саволлари киритилиши шарт. " Назарий механика " фанидан оралиқ назорат вариантлари 36 оатлик учун 4 та саволдан ва 18 соатлик учун 6 та саволдан иборат бўлади.

№	1-Ж.Н.		Жами	2-Ж.Н.		Жами	Жами
	Аудтория дарс- ларидан олган баллари	Хисоблаш – график ишларидан олган баллари		Аудитория дарс- ларидан олган баллари	Хисоблаш– график ишларидан олган баллари		
1.	9 балл	5 балл	14 балл	9 балл	12 балл	21 балл	35 балл

Баллар тақсимоти:

	Дарс соатлари	Вариантлар бўйича баллар тақсимоти		Жами
		1-ОН	2-ОН	
1.	36 соат	17 балл	18 балл	35 балл
2.	18 соат	ОН 35 балл		35 балл

№	Дарс мавзулари	Умумий юклама	жами	маъруза	Амалиёт	Мустақил иш
1	Механикага кириш. Статиканинг асосий аксиомалари	2	2	2		
2	Боғланиш ва боғланиш реакция кучлари. Кесишувчи кучлар системаси (ККС). Кучнинг ўқдаги ва текисликдаги проекцияси. ККС мувозанати.	6	6	2	4	
3	Нуқтага ва ўққа нисбатан куч моменти. Кучнинг ўққа нисбатан моменти билан шу ўқда ётувчи нуқтага нисбатан моменти орасидаги муносабат. Жуфт куч. Жуфт куч моментига оид теорема. Жуфт куч моментининг векторлиги.	8	4	2	2	4
4	Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасини бир марказга келтириш. Бош вектор ва бош момент. Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанати. Статик аниқ ва статик ноаниқ масалалар.	8	4	2	2	4
5	Нуқта кинематикаси. Ҳаракат қонунининг берилиш усуллари. Ҳаракат қонунининг берилишига қараб тезлик ва тезланишларни аниқлаш	4	4	2	2	
6	Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари. Илгариланма ва қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофида айланма ҳаракатларида тезли к ва тезланиш.	8	4	2	2	4
7	Қаттиқ жисмнинг текис-параллел ҳаракати.	8	4	2	2	4
8	Нуқтанинг мураккаб ҳаракати. Кориолис тезланиш.	6	4	2	2	2
9	Динамикага кириш. Динамиканинг асосий масалалари.	8	4	2	2	4
10	Моддий нуқтанинг эркин тебранма ҳаракати. Сўнувчи тебранма ҳаракат	6	4	2	2	2
11	Мажбурий тебранма ҳаракат.	6	4	2	2	2
12	Механик системага кириш. Инерция моменти. Массалар маркази. Система массаси. Гюйгенс-Штейнер теоремаси.	8	4	2	2	4
13	Массалар марказининг ҳаракатиҳақидаги теорема. Моддий нуқта ва механик система Ҳаракат миқдорининг ўзгаришиҳақидаги теорема.	6	4	2	2	2
14	Моддий нуқта ҳаракат миқдор моментининг ўзгариши ҳақидаги теорема. Кинетик момент ўзгариши ҳақидаги теорема.	8	4	2	2	4
15	Моддий нуқта ва механик система кинетик энергиясининг ўзгаришиҳақидаги теорема.	6	4	2	2	2
16	Моддий нуқта ва механик система учун Даламбер принципи. Боғланишлар классификацияси.	8	4	2	2	4
17	Мумкин бўлган кўчиш. Умумлашган координаталар. Эркинлик даража. Мумкин бўлган кўчиш принципи.	8	4	2	2	4
18	Лагранжнинг II-тур дифференциал тенгламалари.	6	4	2	2	2
	Жами:	120	72	36	36	48

ДАСТУРНИНГ ИНФОРМАТЦИОН-УСЛУБИЙ ТАЪМИНОТИ

Фанни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий тармоқлар усули, мултимедиа усуллари, интерактив ва фикрлар хужуми усулларидан, кўргазмақуроллардан, баннерлардан, электрон дарсликлардан, ўқув плакатларидан, слайдлардан фойдаланиш назарда тутилган.

Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати

Асосий адабиётлар

1.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-1, 2013 y., - 204 p.
2.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-2, 2013 y., -261 p.
3. A. Ruina, R. Pranap, «Introduction to statics and dynamics »,Oxford University Press, 2013 y., -1039 p.
4. F.Smith and W.R.Longley «Theoretical mechanics », NEW YORK-LONDON, 2014 y., -288 p.
5. Shoobidov Sh.A., Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.
Nazariy mexanika. O‘uv qo’llanva. –T.: Yangi asr avlodi, 2008. – 238 b.
6. Mirsaidov M.M., Boymurodova L.I.,Giyasova N.T. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanma–T.: O‘zbekiston, 2008. –246 b.
7**. Habibullayeva X.N.** Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. (Dinamika),-T.: ТДТУ, 2010. -160 b.
8. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.Ўқув қўлланма --Т.: Ўқитувчи, 1990 . - 448 б.
9. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Учебное пособие.СПб.: Лань, 2005. - 448с.
10**. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р.** Курс теоретической механики: Учебник. Спб.:Лань, 2008. - 736 с.
11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник. – М.: Высшая школа, 2002. -584 с.
12. Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А.
«Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» -Т.: Зиё-нашр, 2002.

Qo‘shimcha adabiyotlar

1.Мирзиёев Ш.М.
Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.:“Ўзбекистон”НМИУ, 2016.56 б.
2.Мирзиёев Ш.М.
Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016.48 б.
3.Мирзиёев Ш.М.
Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.
4.XabibullayevaX.N. «Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi» Uslubiy ko‘rsatma. T.:TDTU, 2015.
5. Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.«Nuqtaning murakkab harakati» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU,2011.
6. Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Ҳаракат дифференциал тенгламаларини интеграллаш» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2009.
7. Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Тебранма ҳаракатлар» . Услубий кўрсатма. -Т.:ТДТУ, 2011.
8. K.A. Karimov, X.N.Xabibullayeva «Mexanik sistema harakatini o‘rganishda sistema kinetic energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani qo‘llash» Uslubiy ko’rsatma. T.:TDTU, 2013.
9. Хабибуллаева Х.Н., Файзуллаева Ф.Д. «Нуқта кинематикаси» Услубий кўрсатма. Т.:ТДТУ, 2008.

Elektron resurslar

1.www.ilm.uz
2.www.ziyonet.uz
3.www.referat.uz
4.http: //www. amazon.com/ Theory-Gearing-Kinemaniks-C-Geometry-Sunthesis/dp/ 1466514485/ref=sr117s =books&ie=UTF8&qid=1337101207& sr=1-1
5. http: //www.titli.uz/ index . php/ru/ axborot – resurslari1/ o’quv qo’llanmalar / n

TARQATMA MATERIALLAR

1-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

Мавзу: **Фанга кириш, статика тушунчалари ва аксиомалари**

Фаннинг асосий тушунчалари

Статика-Жисмларнинг мувозанати, кучлар, кучлар системаси, кучлар системасининг мувозанати, жисмларнинг оғирлик маркази каби тушунчаларини ўрганувчи назарий механика бўлими

Кинематика-Механик ҳаракатни шу ҳаракатни вужудга келтирувчи кучларга боғламасдан фақатгина геометрик нуқтаи назардаи ўрганувчи назарий механика бўлими.

Динамика- Механик харакатни шу харакатни вужудга келтирувчи кучларга боглаб ўрганувчи назарий механика бўлими

Моддий нуқта-Ў лчамларини аҳамияти бўлмаган массаси битта геометрик нуқтага йиғилган деб фараз килинадиган нукта.

Абсолют каттиқ жисм-ташки куч таъсиридан ихтиёрий икки нуқтаси орасидаги масофа ўзгармасдаи коладиган жисм.

Мувозанат-Бирор қўзгалмас санок системасига нисбатан жисмларнинг тинч вазияти.

Механик харакат-Жисмларнинг бир-бирига нисбатан силжиши.

Куч-Жисмларнинг ўзаро таьсириии микдор жиҳатидан ифодаловчи катталик

Кучлар системаси-Жисмга бир вакгнинг ўзида таьсир этастган бир неча куч.

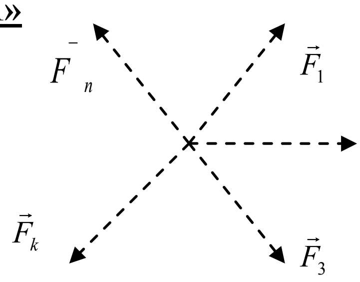
Эквивалент кучлар системаси- Бир кучлар системасининг жисмга бера оладигаи таъсириии бера оладиган бошка бир кучлар системаси.

Тенг таъсир этувчи куч- Кучлар системасининг жисмга бера оладиган таъсириии ёлғиз ўзи бера оладиган куч.

Мувозанатлашувчи кучлар сисгемаси- Улар таъсиридан жисм тинч холатини ёки тўғри чизиқли текис ҳаракатини сақлаб қоладиган кучлар системаси.

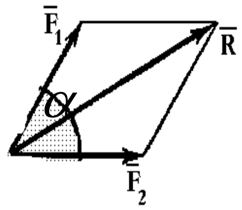
2-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

<u>МАВЗУ: «КЕСИШУВЧИ КУЧЛАР СИСТЕМАСИ»</u>



МАЪРУЗА РЕЖАСИ

1. Кесишувчи кучлар системаси хақида тушунча
2. Кесишувчи кучларни геометрик усулда қўшиш
3. Кесишувчи кучларни аналитик усулда қўшиш
4. Кесишувчи кучларни тенг таъсир этувчиси
5. Уч куч ҳақида теорема



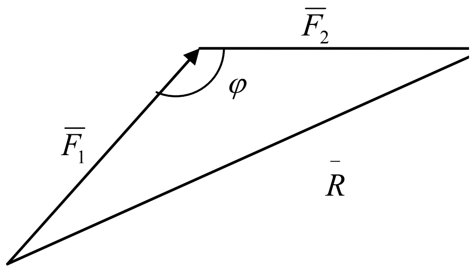
I. Таъсир чизиқлари бир нуқтада кесишувчи кучлар бир нуқтада кесишувчи кучлар дейилади.

II. Бир нуқтада α бурчак остида кесишувчи $\bar{F}_1$ ва $\bar{F}_2$ кучлар қўйилган бўлса

a) 3-аксиомага асосан $\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2_1 F_1 F_2 \cos\alpha}$$

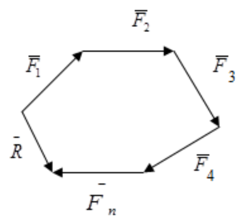
R- тенг таъсир этувчи куч



b) $\bar{F}_1$, $\bar{F}_2$, φ

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2_1 F_1 F_2 \cos\varphi}$$

$$\varphi = \pi - \alpha$$



c) Кесишувчи кучлар системаси берилган $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \ldots\ldots\ldots, \vec{F}_n$

$$\bar{R}_{12} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2$$

$$\bar{R}_{123} = \bar{R}_{12} + \bar{F}_3 = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3$$

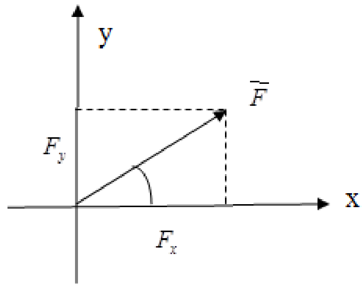
$$\bar{R} = \bar{R}_{12\ldots(n-1)} + \bar{F}_n = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \ldots + \bar{F}_n$$

$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \ldots + \bar{F}_n = \sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k$$

III. Кучнинг координата ўқларига проекциялари

Берилган :

$$F_x = F \cdot \cos\alpha \quad ; \quad F_y = F \cdot \sin\alpha ; \quad F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} .$$



Кучлар ва мос бурчаклар

$$\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \ldots\ldots\ldots, \vec{F}_n$$

берилган бўлсин

$$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \ldots\ldots\ldots, \alpha_n$$

У ҳолда

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos\alpha_1 \qquad F_{1y} = F_1 \cdot \sin\alpha_1$$

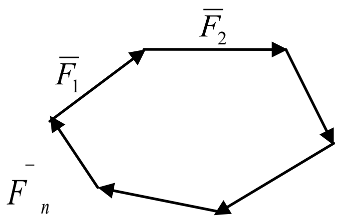
$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos\alpha_2 \qquad F_{2y} = F_2 \cdot \sin\alpha_2$$

$$F_{nx} = F_{\text{n}} \cdot \cos\alpha_n \qquad F_{ny} = F_{\text{n}} \cdot \sin\alpha_n$$

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + \ldots + F_{nx} \qquad R_y = F_{1y} + F_{2y} + \ldots + F_{ny}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \qquad \cos\alpha = \frac{R_x}{R} \qquad \sin\alpha = \frac{R_y}{R}$$

IV. Кесишувчи кучларнинг мувозанати учун , берилган системанинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлиши зарур ва етарли.



$$\bar{R} = 0$$

a) Геометрик шарти: берилган кучлардан қурилган кўпбурчак ёпиқ бўлиши зарур ва етарли

b) Аналитик шарти: $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 0$

Қуйидаги шартларда $R_x = 0$ ва $R_y = 0$ да бажарилади.

$$\begin{cases} R_x = \sum F_{kx} = 0 \\ R_y = \sum F_{ky} = 0 \end{cases}$$ - текисликдаги кесишувчи кучлар системаси учун мувозанат шарти

$$\begin{cases} R_x = \sum F_{kx} = 0 \\ R_y = \sum F_{ky} = 0 \\ R_z = \sum F_{kz} = 0 \end{cases}$$ - Фазодаги кесишувчи кучлар системаси учун мувозанат шарти.

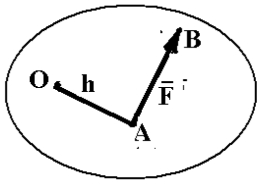
ТЕОРЕМА: Агар эркин қаттиқ жисм бир текисликда ётувчи 3 та параллел бўлмаган куч таъсирида мувозанатда бўлса, у ҳолда бу куч чизиқлари бир нуқтада кесишади.

3-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ
МАВЗУ: “КУЧ МОМЕНТИ”

Маъруза режаси:

1. **Нуқтага нисбатан куч моменти**
2. **Марказга нисбатан куч моменти вектор сифатида**
3. **Ўққа нисбатан куч моменти**
4. **Нуқтага ва ўққа нисбатан куч моментлари орасидаги боғланиш**

1. Тажрибалар кўрсатишича, қаттиқ жисм куч таъсирида илгариланма харакат қилиш билан биргаликда айланма ҳаракат қилиши ҳам мумкин, кучнинг айлантириш хусусияти момент билан белгиланади.



$\bar{F}$ кучнинг О нуқтага нисбатан моменти деб куч модулини елкасига кўпайтмасига тенг катталикка айтилади.

$$mom_0(\bar{F}) = \pm F \times h$$

Бу ерда h- О нуқтадан $\bar{F}$ куч таъсир чизиғига туширилган перпендикуляр узунлиги.

h- $\bar{F}$ кучнинг О марказга нисбатан елкаси

Бунда момент мусбат, агар айлантириш эффекти соат стрелкасига тескари йўналишда бўлса, агар аксинча бўлса , манфий бўлади.

Марказга нисбатан куч моменти хоссалари:

1) Куч моменти куч қўйилган нуқтасини таъсир чизиғи бўйича суришдан ўзгармайди.
2) Куч моменти нолга тенг, агар куч таъсир чизиғи марказдан ўтса
3) Куч моменти сон жихатдан ОАВ учбурчак юзига тенг.

2. Фазовий кучлар системасини кўришда марказга нибатан куч моменти вектори тушунчаси киритилади.

$$mom_0(\bar{F}) = \pm F * h$$

$$h = r \sin\alpha$$

$$mom_0(\bar{F}) = Fr\sin\alpha$$

$$F\, r\sin\alpha = \bar{r} \times \bar{F}$$

$$mom_0(\bar{F}) = \bar{r} \times \bar{F}$$

$\bar{F}$ кучнинг О марказга нисбатан моменти, О марказни А нуқта билан бирлаштирувчи $\bar{r}$ радиус векторни кучга вектор кўпайтмасига тенг. $\bar{M}_0$ вектор моменти ОАВ текисликка перпендикуляр йўналиб, учидан қаралганда, айланиш эффекти соат стрелкасига тескари йўналишда кўринади.

3. $\bar{F}$ кучни Z ўққа нисбатан моментини топамиз.

Кучнинг ўққа нисбатан моменти деб, кучнинг ўққа перпендикуляр текисликдаги проекциясининг ўқ билан текислик кесишувчи нуқтага нисбатан олинган моментига айтилади.

Бу қуйидаги тартибда бажарилади:

1) OZ ўқига перпендикуляр (xy) текислик ўтказилади.
2) $\bar{F}$ кучнинг шу текисликка проекцияси F_{xy} ни топамиз.
3) OZ ўкнинг xy текислик билан кесишиш нуқтаси О топилади.
4) F_{xy} нинг О нуқтага моменти аниқланади.

4. $\bar{F}$ кучнинг ўққа нисбатан моменти шу ўқдаги нуқтага нисбатан момент векторини ўққа проекциялаб топилади.

$$M_x(\bar{F}) = M_0(\bar{F})\cos\alpha$$

$$M_y(\bar{F}) = M_0(\bar{F})\cos\beta$$

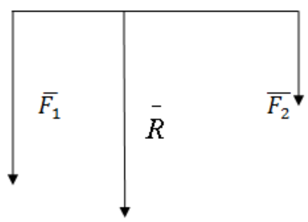
$$M_z(\bar{F}) = M_0(\bar{F})\cos\gamma$$

α, β, γ,- $\bar{M}_0$ вектор-моментнинг x, y ва z ўқлар билан ҳосил қилган бурчаклари.

4- ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

ЖУФТ КУЧЛАР НАЗАРИЯСИ.
МАЪРУЗА РЕЖАСИ:

1 Бир томонга ва хар-хил томонга йўналган параллел кучларни қўшиш.
2 Жуфт куч ва унинг моменти
3 Жуфтлар эквивалентлиги.
4 Бир текисликда ётувчи жуфтларни қўшиш.
5 Фазода ихтиёрий жойлашган жуфтларни қўшиш
6 Жуфт кучлар системаси мувозанати.



I. а) А нуқтага қўйилган $\overline{F_1}$, ва В нуқтага қўйилган $\overline{F_2}$, 2 та куч берилган бўлсин ва $\overline{F_1}//\overline{F_2}$ ва бир томонга йўналган A C B

Бир томонга йўналган 2 та параллел кучлар тенг таъсир этувчиси миқдори шу кучлар миқдори йиғиндисига тенг, йўналиши шу томонга бўлиб С нуқтага қўйилган бўлади.

Бу нуқта АВ ни ички томондан кучлар миқдорига тескари пропарционал нисбатда бўлади

$$R = F_1 + F_2 \qquad (1)$$

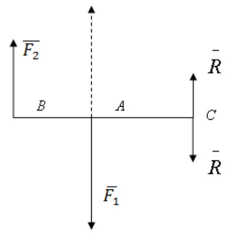
$$\frac{F_1}{CB} = \frac{F_2}{AC} = \frac{R}{AB} \qquad (2)$$

в) $\overline{F_1}$ ва $\overline{F_2}$ кучлар хар томонга йўналган бўлса, ва $\overline{F_1} > \overline{F_2}$ бўлса 2 та параллел ва хар-хил кучларнинг тенг таъсир этувчиси миқдори берилган кучлар айирмасига тенг уларга параллел ва катта куч томонга йўналган бўлиб, ташқи томондан кучлар миқдорига тескари нисбатда бўлади.

$$R = F_1 - F_2 \qquad (3)$$

$$\frac{F_1}{CB} = \frac{F_2}{AC} = \frac{R}{AB} \qquad (4)$$

$$\overline{F_1} \rangle \overline{F_2}$$



с) $|\overline{F_1}| = |\overline{F_2}|$ бўлган ҳолда (4) формула маъносини йўқотади, тенг таъсир этувчи бўлмайди ва жуфт куч ҳосил бўлади.

II. Жуфт куч деб миқдорлари тенг параллел қаттиқ жисм турли хил нуқтасига қўйилган ва турли томонга йўналган 2 та кучдан иборат кучлар системасига айтилади.

Жуфт куч моменти қуйидагига тенг бўлади.

$$M = \pm F_1 d = \pm F_2 d$$

d- жуфт елкаси

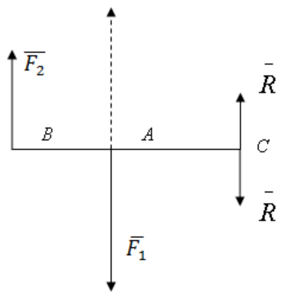
<u>Теорема</u>: Жуфт кучни ташкил этувчиларини ихтиёрий марказга нисбатан моментлари йиғиндиси берилган жуфт куч моментига тенг.

$$m_0(F_1) = -F_1 A_1 O$$

$$m_0(F_2) = -F_2 OB_1 = F_2 A_1 O + F_2 A_1 B_1$$

$$M = m_0(\bar{F}_1) + m_0(\bar{F}_2) = -F_1 A_1 O + F_2 OA_1 + F_2 A_1 B_1$$

$$= OA(-F_1 + F_2) + F_2 A_1 B_1 = F_2 d$$



Жуфт кучнинг қаттиқ жисмга таъсири қуйидаги параметрлар билан аниқланади.

1) Жуфт куч моменти билан аниқланади.
2) Жуфт таъсир текислиги
3) Жуфтни таъсир текислигида айлантириш йўналиши билан, агар айланиш соат стрелкаси йўналишига тескари бўлса мусбат, йўналишида бўлса манфий ҳисобланади.

Жуфт куч моменти вектор билан тасвирланади, бу вектор жуфт куч текислигига перпендикуляр бўлиб учидан қаралганда жуфт куч айланиши соат стрелкасига тескари кўринади.

Жуфт кучни ўз таъсир текислигига ихтиёрий нуқтага қўйиш мумкин бўлгани учун жуфт куч векторини ҳам ихтиёрий нуқтага қўйиш мумкин. Бундай вектор эркин вектор дейилади.

III. Жуфтлар эквивалентлиги

<u>Теорема:</u> жисмга қўйилган жуфт кучнинг жисмга таъсирини ўзгартирмай шу текисликдаги моменти берилган, жуфт моментига тенг ихтиёрий жуфт куч билан алмаштириш мумкин.

$$M_1 \sim M_2$$

IV. **<u>Теорема:</u>** бир текисликда ётувчи жуфтлар системаси шу текисликда ётувчи ва моменти берилган жуфтлар моментлари алгебраик йиғиндисига тенг битта жуфт кучга эквивалентдир.

$$M = M_1 + M_2 + ... + M_n$$

V. **<u>Теорема:</u>** Фазода ётувчи жуфтлар системаси моменти берилган жуфтлар моментлари геометрик йиғиндисига тенг битта жуфтга эквивалентдир.

$$\bar{M} = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 + \ldots + \bar{M}_n$$

VI. Бир текисликда ётувчи жуфтлар мувозанатда бўлиши учун уларнинг моментлари алгебраик йиғиндиси нолга тенг бўлиши зарур ва етарли .

$$M = \sum M_k = 0$$

Фазода ихтиёрий жойлашган жуфтлар мувозанатда бўлиши учун улар моментлари геометрик йиғиндиси нолга тенг бўлиши зарур ва етарли.

$$\bar{M} = \sum \bar{M}_k = 0$$

$$\bar{M} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

Мувозанатнинг аналитик шартлари

$$M_x = \sum M_{kx} = 0 \qquad M_y = \sum M_{ky} = 0$$

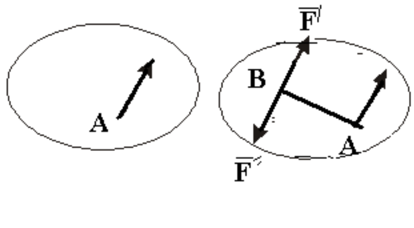
$$M_z = \sum M_{kz} = 0$$

5-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

Текисликда ихтиёрий жойлашган кучлар

Маъруза режаси

1) Кучларни параллел кўчириш
2) Текисликдаги кучларни бир марказга келтириш
3) Бош вектор ва бош момент
4) Текисликдаги кучларни содда ҳолга келтириш
5) Текисликда ихтиёрий жойлашган кучлар мувозанати



1) Қаттиқ жисм A нуқтасига F куч қўйилган бўлсин.

Бу кучнинг жисмга таъсири ўзгармайди агар ихтиёрий В нуқтасига мувозанатланувчи $\overline{F'}, \overline{F''}$ кучлар қўйилса ва улар қуйидагича бўлса $\left|\bar{F}'\right| = \left|\bar{F}''\right| = \left|\bar{F}\right|$. Ҳосил бўлган учта кучлар системаси $\overline{F'}$ кучга тенг кучни ва $\bar{F}', \bar{F}''$ жуфт кучни ташкил қилади.Яъни:

$$\bar{F} \sim (\bar{F}, \bar{F}', \bar{F}'') \sim \left[\bar{F}', (F, \bar{F}'')\right]$$

Теорема: Қаттиқ жисм бирор нуқтасига қўйилган кучни жисмга таъсирини ўзгартирмай бошқа нуқтага параллел кўчирганда берилган кучга қўшимча жуфт куч ҳосил бўлиб, унинг моменти берилган кучнинг кўчириш нуқтасига нисбатан олинган моментига тенг бўлади.

2) A_1, A_2,…. A_n, нуқталарга $\bar{F}_1, \bar{F}_2, ...\bar{F}_n$, кучлар таъсир қилиб, улар бир текисликда ётган бўлсин. Бу текисликда ихтиёрий О нуқта олиб уни келтириш маркази деймиз ва юқоридаги теоремадан фойдаланиб, кучларни О марказга олиб келамиз, натижада қуйидаги кучларни ва жуфтларни ҳосил қиламиз.

$$\bar{F}_1 \sim (\bar{F}_1, \bar{F}'_1, \bar{F}''_1) \sim \left[\bar{F}_1, (\bar{F}'_1, \bar{F}''_1)\right] \qquad \bar{F}_2 \sim (\bar{F}_2, \bar{F}'_2, \bar{F}''_2) \sim \left[\bar{F}_2, (\bar{F}'_2, \bar{F}''_2)\right]$$

$$\bar{F}_n \sim (\bar{F}_n, \bar{F}'_n, \bar{F}''_n) \sim \left[\bar{F}_n, (\bar{F}'_n, \bar{F}''_n)\right]$$

Яъни О нуқтада кесишувчи $(\bar{F}'_1, \bar{F}'_2, ...\bar{F}'_n)$ кучларни ва жуфт кучлар системасини ҳосил қиламиз. Уларнинг моментлари қуйидагига тенг:

$$m_1 = m_0(\bar{F}_1), \quad m_2 = m_0(\bar{F}_2), \ \ldots \ m_n = m_0(\bar{F}_n)$$

3) О нуқтадаги (марказдаги) кучларни қўшиб битта $\bar{R}$ кучни ҳосил қиламиз ва $\bar{R}$ куч берилган кучлар геометрик йиғиндисига тенг бўлиб, **бош вектор** дейилади.

$$\bar{R} = \sum \bar{F}'_k = \sum \bar{F}_k$$

Ҳудди шундай бир текисликда ётган жуфтларни қўшиш қоидасига кўра битта жуфт кучни ҳосил қиламиз. Бу жуфтнинг моменти қуйидагига тенг:

$$M_0 = \sum m_k = \sum m_0(\bar{F}_k)$$

M_0 барча жуфтларнинг йиғиндисига тенг ва бош момент дейилади.

Теорема: Текисликдаги хар қандай кучлар системаси ихтиёрий олинган марказ О га келтирилганда битта бош векторга тенг куч ва битта бош моментга тенг жуфт куч билан алмашади.

4) $\bar{R}$ ва $\bar{M}_o$ қийматларига қараб текисликдаги кучлар системаси қуйидаги содда кўринишларга келади.

1^0. $\bar{R} = 0$ $\bar{M}_0 \neq 0$

Система битта жуфт билан алмашади. $M_0 = \sum m_0(\bar{F}_k)$

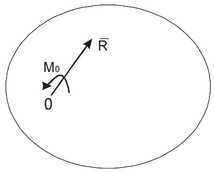
2^0 . $R \neq 0$ $M_0 = 0$

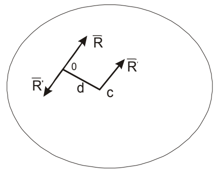
Система О марказдан ўтувчи битта $\bar{R}$ куч билан алмашади.

3^0 $R \neq 0$ $M_0 \neq 0$

$\bar{M}_o$ Моментли жуфтни $\bar{R}'$ ва $\bar{R}''$ куч билан алмаштирамиз ва $(\bar{R}', \bar{R}'') \sim 0$ бўлади.

$$\left|\bar{R}'\right| = \left|\bar{R}''\right| = \left|\bar{R}\right|$$





$$M_0 = Rd$$

$(\bar{R}', \bar{R}'') \sim 0$. ни ташлаб юборамиз. С (.) да $\bar{R}'$ куч қолади.

4^0 $R = 0$ $M_0 = 0$ - ҳолда система мувозанатда, яъни тинч ҳолатда қолади.

5) $\bar{R}$ ва $\bar{M}_o$ қийматлари қуйидагича аниқланади:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \text{ , где } R_x = \sum F_{kx} \text{ , } R_y = \sum F_{ky} \text{ , } M_o = \sum m_o(\bar{F}_k) \text{ .}$$

R нолга тенг бўлади, фақат ва фақат $R_x=0$ ва $R_y=0$ бўлса,

Демак ,текисликдаги ихтиёрий кучлар мувозанатда бўлиши учун

$$\begin{cases} R_x = \sum F_{kx} = 0 \\ R_y = \sum F_{ky} = 0 \\ M_o = \sum m_o(\bar{F}_k) = 0 \end{cases}$$

бўлиши керак

6-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

Ихтиёрий жойлашган кучлар системаси

Маъруза режаси:

1. Текисликдаги параллел кучлар мувозанати.
2. Статик аниқ ва аниқмас системалар. Жисмлар системаси мувозанати.
3. Фазовий кучлар системасини бир марказга келтириш. Бош вектор ва бош момент.
4. Ихтиёрий фазовий кучлар системасини мувозанат шартлари.

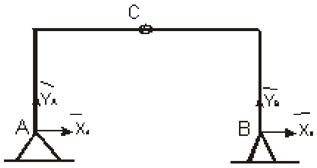
) Жисмга таъсир этувчи кучлар параллел бўлганда координата ўқларидан бирини кучларга параллел қилиб оламиз.

У ҳолда текисликда жойлашган кучлар мувозанати тенгламаларидан қуйидагилар қолади:

$$\begin{cases} \sum F_{kx} = 0 \\ \sum m_0\left(\bar{F}_K\right) = 0 \end{cases}$$

Параллел кучлар мувозанатининг бошқача кўриниши:

$$\begin{cases} \sum m_A\left(\bar{F}_K\right) = 0 \\ \sum m_B\left(\bar{F}_K\right) = 0 \end{cases}$$



) Номаълум реакциялар сони мувозанат тенгламалари сонига енг бўлса, масала статик аниқ дейилади, агар тенг бўлмаса, яъни еакция кучлари сони кўп бўлса, статик ноаниқ дейилади.

Масалан, учшарнирли рамага таъсир этувчи кучлар учун увозанат тенгламаларини ёзсак $X_а$,$У_а$, $X_в$,$У_в$ номаълумлардан борат тенглама ҳосил қиламиз.

Қўшимча равишда С шарнирдан бир томонини увозанатини текшириб, $X_с$,$У_с$ қатнашган яъни 3 та тенглама оламиз, натижада 6 та омаълумли 6 та тенглама ҳосил қиламиз

) A_1,A_2,….A_n нуқталарда фазода ихтиёрий жойлашган $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$,… $\overline{F_n}$ кучлар системаси ерилган бўлсин.

Фазода ихтиёрий О келтириш марказини оламиз ва юқорида исботланган Пуансо еоремасига биноан, берилган кучларни О марказга олиб келамиз, натижада:

$$\bar{F}_1 \sim (\bar{F}_1, \bar{F}'_1, \bar{F}''_1) \sim \left[\bar{F}'_1\,(\bar{F}_1, \bar{F}''_1)\right] \qquad \bar{F}_2 \sim (\bar{F}_2, \bar{F}'_2, \bar{F}''_2) \sim \left[\bar{F}'_2\,(\bar{F}_2, \bar{F}''_2)\right]$$

$$\bar{F}_n \sim (\bar{F}_n, \bar{F}'_n, \bar{F}''_n) \sim \left[\bar{F}'_n\,(\bar{F}_n, \bar{F}''_n)\right]$$

Ҳосил қиламиз яъни О нуқтада кесишувчи $\overline{F_1}$, $\overline{F_2}$,… $\overline{F_n}$, кучларни ва жуфт учларни ҳосил қиламиз.Уларнинг моментлари қуйидагига тенг.

$$m_1 = m_0(\bar{F}_1) \;;\; m_2 = m_0(\bar{F}_2) \;;\; \ldots.. \;;\; m_n = m_0(\bar{F}_n) \;;$$

Фазода кесишувчи кучлар системасини ягона битта $\bar{R}$ кучга эквивалент бўлади, яъни

$$\bar{R} = \sum \bar{F}'_k = \sum \bar{F}_k$$

$\bar{R}$ - фазода кесишувчи кучлар системасининг бош векторини ифодалайди ва фазода есишдаги кучлар системасини геометрик йиғиндисига тенг.

Жуфт кучларни қўшиш теоремасига асосан жуфт куч векторларининг геометрик иғиндиси фазода ихтиёрий кучлар системасининг **бош моментини** ифодалайди.

$$\bar{M}_0 = \sum \bar{m}_k = \sum \bar{m}_0(\bar{F}_k)$$

Теорема: Жисмга таъсир этувчи фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасини ирор О марказга келтирилганда ушбу кучлар системаси ёлғиз $\bar{R}$ бош вектор хамда $\bar{M}_0$ бош оментга эквивалент бўлади.

4) Фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг содда (қулай ҳолга) ҳолга келтирилганда қуйидаги натижалар келиб чиқади.

1^0 R=0 , $\bar{M}_0 \neq 0$ - кучлар системаси битта жуфт кучга келтирилади.

2^0 R≠0 , $\bar{M}_0 = 0$ - кучлар системаси О марказга қўйилган битта тенг таъсир этувчи кучга эквивалент бўлади.

3^0 R≠0 , $\bar{M}_0 \neq 0$

4^0 R=0 , $\bar{M}_0 = 0$ кучлар системаси мувозанатда бўлишилигининг зарурий ва етарли шартини ифодалайди.Тенг таъсир этувчи R кучнинг миқдори ва бош моментнинг $\bar{M}_0$ миқдори қуйидагича аниқланади.

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} \qquad M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

Бу тенгламалардан фазода ихтиёрий жойлашган кучлар системасининг мувозанат тенгламалари келиб чиқади.

$$\begin{cases} R_x = \sum \bar{F}_{kx} = 0 \\ R_y = \sum \bar{F}_{ky} = 0 \\ R_z = \sum \bar{F}_{kz} = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} M_x = \sum m_x(\bar{F}_k) = 0 \\ M_y = \sum m_y(\bar{F}_k) = 0 \\ M_z = \sum m_z(\bar{F}_k) = 0 \end{cases}$$

7-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ
Мавзу : Ишқаланиш

Маъруза режаси:

1. **Ишқаланиш кучлари тўғрисида.**
2. **Сирпанишдаги ишқаланиш.**
3. **Думалаш ишқаланиши.**
4. **Буралишдаги ишқаланиш**

1) Иккита жисмнинг бир – бирига тегиб турган юзасида ҳаракат давомида ҳосил бўладиган қаршилик кучига ишқаланиш кучи дейилади. Сирпанишдаги, думалашдаги ва буралишдаги ишқаланиш кучлари бўлади.

Бир жисмнинг иккинчиси устида силжишидан хосил бўладиган ишқаланишга сирпаниш ишқаланиш кучи дейилади.

Бир жисмнинг иккинчи жисм устида думалашидаги ишқаланиш думалаш ишқаланиш кучи дейилади.

Бир жисмнинг бошқа жисм сиртида айланиб ҳаракат қилишидаги ишқаланиш кучига буралиш ишқаланиш кучи дейилади.

2) Сирпаниш ишқаланиш кучи сиртлар нотекислиги билан боғлиқ. Сирпанишдаги қонуниятларни қуйидагича ёзиш мумкин.

1. $$0 \le F \le F_{\max}$$

2. $$F_{\max} = fN$$

N – нормал реакция кучи

f – сирпаниш ишқаланиш коэффициенти (ўлчовсиз)

3. Сирпаниш ишқаланиш кучи ишқаланувчи сиртлар ўлчамига боғлиқ эмас.

4. Ишқаланиш кучи материалга ва унинг физик – механик хоссаларига боғлиқ (температурага, намликка, изотропликка)
5. Сирпаниш тезлиги ошиши билан ишқаланиш кучи камаяди.

Ишқаланиш кучи бўлганда реакция кучи қуйидагича аниқланади.

$$\bar{R} = \bar{N} + \bar{F}_{max}$$

Ишқаланиш кучи О дан F_{max} гача ўзгарганда R- реакция кучи N дан R_{max} гача ўзгаради.

$$tg\varphi_0 = \frac{F_{max}}{N} \qquad tg\varphi_0 = f$$

φ_0 - ишқаланиш бурчаги

Агар $\alpha > \varphi_0$ бўлса жисм силжийди

3) Радиуси R ва оғирлиги P бўлган цилиндр кўринишидаги ғалтак горизонтал текисликда ётган бўлсин

Ғалтак марказига Q горизонтал кучни қўямиз натижада $\bar{N}$ Реакция кучи $б$ бирликка силжиб қолади (текислик деформацияси натижасида). Унга думалаш ишқаланиш коэффициенти дейилади. Шудай қилиб ғалтакка 2 та жуфт куч($\bar{Q}, \bar{F}$) ва ($\bar{N}, \bar{P}$) таьсир қилиб уларнинг моментлари $M_1 = QR$ ва $M_2 = N\delta$ га тенг.

Агар $M_1 < M_2$ бўлса ($QR < N\delta$) ғалтак тинч ҳолатда қолади.

Агар $M_1 > M_2$ бўлса ($QR > N\delta$) думалаш бошланади яъни

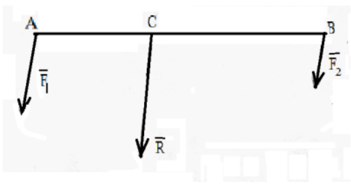
$Q \geq \frac{\delta}{R} N$ бўлса ғалтак думалашни бошлайди.

δ/R нисбат кўп материаллар учун сирпаниш ишқаланиш коэффициентидан кичик бўлади. Шунинг учун техникада сирпанишни думалаш билан алмаштиришга ҳаракат қилинади (ғилдирак, ғалтак, подшипниклар)

4) Агар горизонтал текисликдаги шарга вектори шу текисликка перпендикуляр жуфт куч таъсир қилса, у ҳолда қуйидаги шартлар бажарилса, жуфт куч жисмни айлантиради.

8-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ
МАВЗУ: Оғирлик маркази
Маъруза режаси:

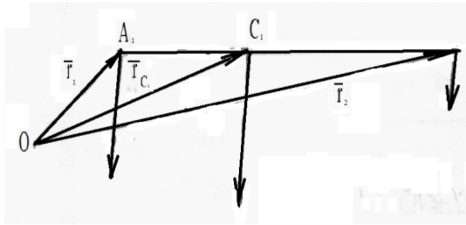
1. Параллел кучлар маркази
2. Чизиқли, текис ва фазовий жисмлар оғирлик маркази.
3. Жисмлар оғирлик марказини аниқлаш усуллари
4. Баъзи биржинсли жисмлар оғирлик марказлари



А ва В нуқталарда параллел 2 та куч берилган бўлсин
Бу кучлар учун қуйидагилар маълум эди.

$$R = F_1 + F_2\ ,$$
$$\frac{F_1}{\mathrm{CB}} = \frac{F_2}{\mathrm{AC}}$$

Нуқталар белгиланишини ўзгартирсак, эъни
A-A_1, B-A_2, C-C_1 **бўлса,**



$$\frac{F_1}{\mathrm{C_1A_2}} = \frac{F_2}{\mathrm{C_1A_1}} \qquad (1)$$

О нуқтани A_1, A_2 ва C_1 нуқталар учун қутб сифатид$c_1 - \bar{r}_{c_1} A_2 - \bar{r}_2 A_1 - \bar{r}_1$а қабул қилиб қуйидаги векторларни оламиз

$$\mathrm{C_1A_1} = \bar{r}_{c_1} - \bar{r}_1 \mathrm{C_1A_2} = \bar{r}_2 - \bar{r}_{c_1}$$

Пропорцияга кўра

$$\frac{F_1}{\bar{r}_2 - \bar{r}_{c_1}} = \frac{F_2}{\bar{r}_{c_1} - \bar{r}_1} \quad \text{бундан} \quad \bar{r}_{c_1} = \frac{F_1 \bar{r}_1 + F_2 \bar{r}_2}{F_1 + F_2}$$

в) $\mathrm{A}_1, \mathrm{A}_2, \ldots, \mathrm{A}_n$ нуқталарда $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \ldots, \bar{F}_n$ параллел кучлар таьсир қилаётган бўлсин. Юқоридаги усулга кўра қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$R = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \ldots \bar{F}_n \quad R = \sum F_k$$

$$\bar{r}_c = \frac{F_1 \bar{r}_1 + F_2 \bar{r}_2 + \cdots + F_n \bar{r}_n}{F_1 + F_2 + \cdots + F_n} \qquad \mathbf{(2)}$$

2) Оғирлик кучларини параллел деб қабул қилиш мумкин бўлган майдонга ***бир жинсли оғирлик*** майдони дейилади. Қаттиқ жисм оғирлик маркази деб жисм қисмлари оғирлик кучлари тенг таьсир этувчиси ўтувчи нуқтага айтилади. Худди параллел кучлар марказига ўхшаб (2) тенгликка кўра, оғирлик кучлар маркази қуйидагича аниқланади.

$$\bar{r}_c = \frac{\sum P_k r_k}{P} \ \text{ - вектор кўринишида}$$

ва координата ўқларидаги кўриниши

$$X_c = \frac{\sum P_k X_k}{P}; \qquad Y_c = \frac{\sum P_k y_k}{P}; \qquad Z_c = \frac{\sum P_k z_k}{P}$$

Чизиқли жисмлар учун:

$$\mathrm{P_k} = \mathrm{l_k}\gamma \quad \mathrm{l} = \sum \mathrm{l_k}$$

$$\mathrm{x_c} = \frac{\sum \mathrm{l_k x_k}}{\mathrm{L}};\ \mathrm{y_c} = \frac{\sum \mathrm{l_k y_k}}{\mathrm{L}};\ \mathrm{z_c} = \frac{\sum \mathrm{l_k z_k}}{\mathrm{L}};$$

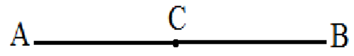
Текис жисмлар учун: $\mathrm{P_k} = S_\mathrm{k}\gamma \quad \mathrm{S} = \sum S_\mathrm{k}$

$$\mathrm{x_c} = \frac{\sum \mathrm{S_k x_k}}{\mathrm{S}};\ \mathrm{y_c} = \frac{\sum \mathrm{S_k y_k}}{\mathrm{S}};\ \mathrm{z_c} = \frac{\sum \mathrm{S_k z_k}}{\mathrm{S}};$$

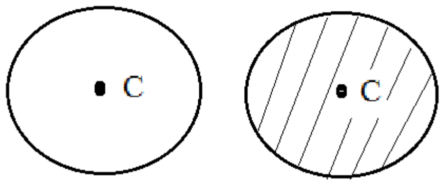
Хажмли ёки фазовий жисмлар учун: $\mathrm{P_k} = V_\mathrm{k}\gamma \quad \mathrm{V} = \sum V_\mathrm{k}$

$$x_c = \frac{\sum v_k x_k}{v};\ y_c = \frac{\sum v_k y_k}{v};\ z_c = \frac{\sum v_k z_k}{v};$$

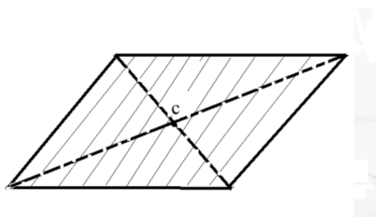
3) Жисмларнинг оғирлик марказларини топишнинг қуйидаги усуллари бор:



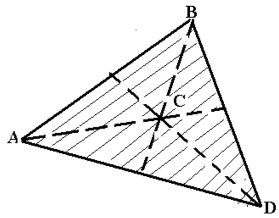
1. Симметрия усули
2. Чекли сондаги бўлакларга бўлиш усули
3. Тўлдириш (манфий юзалар ёки манфий ҳажмлар усули)
4. Интеграллаш усули
5. Тажриба усули



4) Баъзи содда шакллар оғирлик марказларини топишни кўрамиз.



1. Стержень.
Оғирлик маркази стерженнинг ўртасида жойлашган
2. Айлана (доира)
Оғирлик маркази айлана (доира) марказида жойлашган
3. Тўртбурчаклар.
Оғирлик маркази диагоаналлар кесишган нуқтада жойлашган.



4. Учбурчак.
Оғирлик маркази медианалар кесишган нуқтада жойлашган
5. Айлана ёйи.

$$x_c = R\frac{\sin\alpha}{\alpha}$$

6. Доиравий сектор

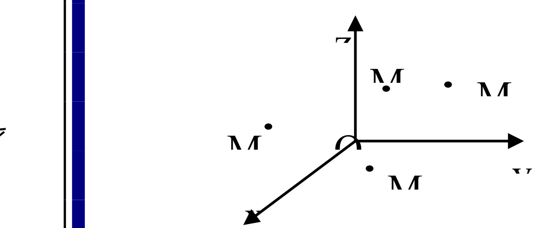
$$x_c = \frac{2}{3}R\frac{\sin\alpha}{\alpha}$$

9-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ
МАВЗУ: Нуқта кинематикаси

Кинематика - назарий механиканинг бир қисми бўлиб, нуқта ва жисм ҳаракатини ўрганади. Кинематикада иккита асосий тушунча- вақт ва фазо тушунчалари мавжуд, чунки бу икки тушунчасиз ҳаракат мавжуд бўлмайди. Кинематикада ҳаракатдаги нуқтанинг исталган вақтидаги ҳолатини бирор саноқ системасига нисбатан аниқлашга ёрдам берувчи тенгламалар - ҳаракат қонуни маълум бўлади ёки осонликча аниқланиб, бу қонунга кўра ҳаракатнинг кинематик факторлари - траектория, тезлик, тезланиш, босиб ўтган йўл, ҳаракат учун кетган вақт, энг баландликка кўтарилиш вақти, кўтарилиш баландлиги, энг узоққа бориб тушиш учун кетган вақт, энг узоққа бориб тушиш масофаси, бурчак тезлик, бурчак тезланиш, айланишлар сони каби кинематик факторлар аниқланади.

Нуқта ҳаракатининг берилиш усуллари

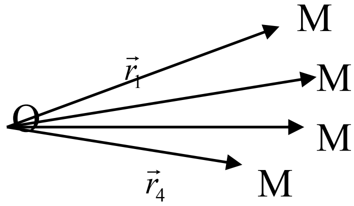
1. Координаталар усули. $M(x, y, z)$ нуқта $oxyz$-координаталар системасига нисбатан фазода ҳаракатда бўлсин.



Вақт ўтгани сари нуқта ҳолатини ўзгартириб $M_1, M_2, M_3 ...$ вазиятларни эгаллайди. Нуқтанинг ҳолати ўзгариши билан унинг координаталари ҳам ўзгариб боради.

Шунинг учун нуқта координаталарининг вақт ўтиши билан ўзгаришини ифодаловчи $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$ тенгламалар берилган бўлса, нуқта ҳаракати координаталар усулида берилган дейилади.

2. Вектор усули. Нуқта ҳолатини вақт ўтиши билан ўзгартириб $M_1, M_2, M_3, M_4...$ ҳолатларини эгаллагани учун нуқтанинг O марказга нисбатан радиус вектори $\bar{r} = \overline{OM}$ вақт ўтиши билан ўзгариб боради.



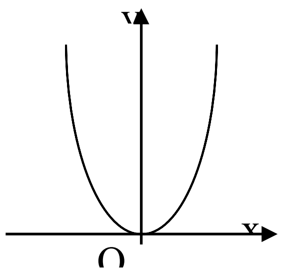
Агар радиус векторининг ўзгариши қонуни $\bar{r} = \bar{r}(t)$ берилган бўлса, нуқта ҳаракат қонуни вектор усулида берилган дейилади.

3. Табиий усул. Агар нуқтанинг ҳаракат траекторияси, бошланғич ҳолати, мусбат йўналиш ва $S = S(t)$ кўринишидаги эгри чизиқли ҳаракат қонуни берилган бўлса нуқта ҳаракати табиий усулда берилган дейилади.

4. Ҳаракат график усулда ҳам берилади.

Ҳаракат траекторияси

Ҳаракатдаги объектнинг вақт ўтиши билан фазода қолдирган изига траектория дейилади.



Ҳаракат координаталар усулида берилган бўлса траекторияни топиш учун ҳаракат қонунларидан параметр - вақт (t)ни йўқотиш лозим. Ҳосил бўлган $F(x, y, z) = 0$ тенглама траектория тенгламаси бўлади. Агар ҳаракат вектор усулда берилган бўлса радиус вектор годографи тректория вазифасини бажаради.

Мисоллар: 1. Нуқта текисликда $x = 2t, см. \quad y = 4t^2, см$ қонун асосида ҳаракат қилсин. Траекториясини аниқлаймиз:

$$t = \frac{x}{2}, \text{ демак } \quad y = 4\left(\frac{x}{2}\right)^2 = x^2 \text{ траектория } \quad y = x^2$$

парабола.

2) $x = 2\sin 4t^2, см$, $y = 3\cos 4t^2, см$

$$\frac{x^2}{2^2} + \frac{4^2}{3^2} = 1 \qquad \text{эллипс.}$$

3) $x = 5\sin^2 3t^2, см \qquad y = 5\cos^2 3t^2 см$

$y = x - 5$ тўғри чизиқ.

4) $x = 2\sin 5tсм, \qquad y = 2\cos 5t, см$

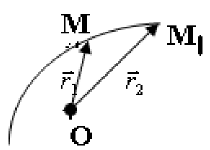
$x^2 + y^2 = 25,$ траектория радиуси $R = 5$ см бўлган маркази $(0,0)$нуқтадаги айлана.

10-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

МАВЗУ: Нуқта ҳаракати вектор ва координата усулида берилганда тезлик ва тезланиш.

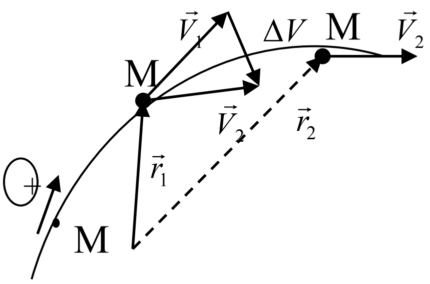
Вектор усулида тезлик вектори

Нуқта ҳаракати $\bar{r} = \bar{r}(t)$ ёрдамида вектор усулда берилган бўлсин.



$t = t_1$ да M_1 да; $t = t_2$ да M_2 да бўлиб бу нуқталарнинг ҳолати радиус векторлар ёрдамида O нуқтага нисбатан аниқлансин. Демак $\Delta t = t_2 - t_1$ вақт ичида радиус вектор $\Delta\bar{r} = \bar{r}_2 - \bar{r}_1$ га ўзгаради. $\frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t} = \overline{V_{ур}}$ га ўртача тезлик дейилиб, унинг лимитига ҳақиқий тезлик дейилади. $\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t} = \bar{V}$, демак ҳосила таърифига кўра $\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{dt} = \dot{\bar{r}}$ бўлади. Нуқтанинг тезлик вектори унинг радиус векторидан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосилага тенг бўлиб, см/с, м/с билан ўлчанади ва траекториянинг шу нуқтасига ҳаракат йўналишида ўтказилган уринма бўйлаб йўналади.

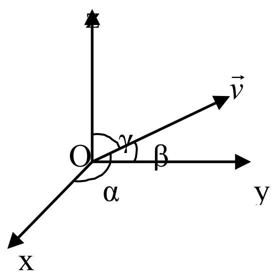
11.2. Вектор усулида тезланиш.



M нуқта ҳаракатда бўлиб, ҳаракати вектор усулда $\bar{r} = \bar{r}(t)$ тенглама ёрдамида берилсин.

Вақт ўтиши билан ҳолатлари ва тезликлари ҳам ўзгаради. $t = t_1$, M_1, $\overline{r_1}$, $\overline{V_1}$, $t = t_2$, M_2, $\overline{r_2}$, $\overline{V_2}$ бўлса $\Delta t = t_2 - t_1$ вақт ичида радиус вектор $\Delta\bar{r} = \overline{r_2} - \overline{r_1}$ га, тезлик вектори эса $\Delta\overline{V} = \overline{V_2} - \overline{V_1}$ га ўзгаради. $\frac{\Delta\overline{V}}{\Delta t} = \overline{a_{ур}}$ га ўртача тезланиш вектори дейилади. Бу ифоданинг лимитига хақиқий тезланиш вектори дейилади. $\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\bar{v}}{\Delta t} = \bar{a}$ Демак $\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \dot{\bar{V}}$ ёки $\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{dt} = \ddot{\bar{r}}$ бўлгани учун $\bar{a} = \frac{d^2\bar{r}}{dt^2} = \ddot{\bar{r}}$ бўлади. Демак, нуқтанинг тезланиш вектори унинг тезлик векторидан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ёки радиус векторидан вақт бўйича олинган иккинчи тартибли ҳосилага тенг бўлиб см/с^2, м/с^2 билан ўлчанади.

Нуқта ҳаракати координаталар усулида берилганида тезлигини аниқлаш



Нуқта ҳаракати $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$ тенгламалар ёрдамида координаталар усулида берилса, радиус вектори $\bar{r} = x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}$ бўлади. Нуқтанинг тезлик векторини тезликнинг проекциялари ёрдамида $\bar{V} = V_x\bar{i} + V_y\bar{j} + V_z\bar{k}$ кўринишида ёзиш мумкин.

У ҳолда $\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{dt}$ ифодага асосан

$$V_x\bar{i} + V_y\bar{j} + V_z\bar{k} = \frac{d}{dt}(x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k}) = \frac{dx}{dt}\bar{i} + \frac{dy}{dt}\bar{j} + \frac{dz}{dt}\bar{k} = \dot{x}\bar{i} + \dot{y}\bar{j} + \dot{z}\bar{k}$$

ҳосил бўлади,

демак $V_x = \dot{x}, V_y = \dot{y}, V_z = \dot{z}$ бўлади, яъни нуқта тезлигининг проекцияси шу ўқ бўйлаб ҳаракат қонунидан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосилага тенг бўлади.

Тезликнинг миқдори $V=\sqrt{V_x{}^2+V_y{}^2+V_z{}^2}=\sqrt{\dot{x}^2+\dot{y}^2+\dot{z}^2}$ ёрдамида, йўналиши эса, йўналтирувчи косинуслари ёрдамида аниқланади. Нуқта тезлигининг миқдори ва йўналишини тезликнинг проекциялари орқали аниқлайдиган бу формулаларига тезликнинг аналитик ифодаси дейилади.

Нуқта ҳаракати координаталар усулида берилганда тезланишни аниқлаш

Нуқта ҳаракати координаталар усулида $x=x(t), y=y(t), z=z(t)$ тенгламалар ёрдамида берилсин. Нуқтанинг радиус вектори, тезлик ва тезланишлари вектор катталик бўлгани учун

$\bar{r}=x\bar{i}+y\bar{j}+z\bar{k},\ \bar{V}=V_x\bar{i}+V_y\bar{j}+V_2\bar{k}=\dot{x}\bar{i}+\dot{y}\bar{j}+\dot{z}\bar{k}$ ва $\bar{a}=a_x\bar{i}+a_y\bar{j}+a_z\bar{k}$ бўлади.

У ҳолда $\bar{a}=\frac{d\vec{V}}{dt}$ ифодадан $a_x\bar{i}+a_y\bar{j}+a_z\bar{k}=\frac{d}{dt}(\dot{x}\bar{i}+\dot{y}\bar{j}+\dot{z}\bar{k})=\ddot{x}\bar{i}+\ddot{y}\bar{j}+\ddot{z}\bar{k}$

кўринишда ёзиш мумкин. Бундан

$$a_x=\frac{dV_x}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}=\ddot{x},\qquad a_y=\ddot{y},\quad a_z=\ddot{z}$$

эканлиги ҳосил бўлади. Демак, нуқта ҳаракати координаталар усулида берилса тезланишнинг координата ўқларидаги проекциялари шу ўқ бўйлаб ҳаракат қонунидан вақт бўйича олинган иккинчи тартибли ҳосилага тенг бўлади.

Нуқтанинг тезланиш вектори декарт координата ўқлари билан $\alpha_1,\beta_1,\gamma_1$ бурчаклар ташкил қилса, тезланишнинг ўқлардаги проекциялари $a_x=a\cos_1\alpha,\quad a_y=a\cos\beta_1,\quad a_z=a\cos\gamma_1$ бўлгани учун тезланишнинг миқдори $a=\sqrt{a_x{}^2+a_y{}^2+a_z{}^2}=\sqrt{\ddot{x}^2+\ddot{y}^2+\ddot{z}^2}$ ёрдамида аниқланиб, йўналиши эса йўналтирувчи косинуслар орқали

$\cos\alpha_1=\cos(\hat{x}a)=a_x/a=\ddot{x}/\sqrt{\ddot{x}^2+\ddot{y}^2+\ddot{z}^2}$

$\cos\beta_1=\cos(\hat{y}\,a)=a_y/a=\ddot{y}/\sqrt{\ddot{x}^2+\ddot{y}^2+\ddot{z}^2}$

$\cos\gamma_1=\cos(\hat{z}a)=a_z/a=\ddot{z}/\sqrt{\ddot{x}^2+\ddot{y}^2+\ddot{z}^2}$ формулалар ёрдамида топилади.

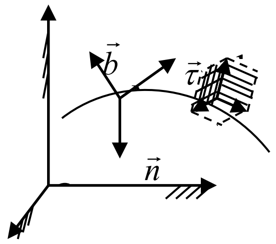
Нуқта тезланишининг миқдори ва йўналишини тезланишнинг проекциялари ёрдамида аниқлашга имкон берадиган бу формулаларга тезланишнинг аналитик ифодаси дейилади.

11-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

МАВЗУ: Ҳаракат табиий усулда берилганида тезлик ва тезланиш.

Табиий координаталар системаси, табиий учёқлик.

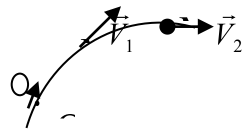
Нуқта ҳаракатини кўп ҳолларда иккита саноқ системасига нисбатан текширишга тўғри келади. Улардан бири қўзғалмас *Oxyz* декарт координаталар системаси бўлса, иккинчиси нуқта билан бирга ҳаракатланувчи *Mτnb* табиий координаталар системасидир.



Нуқта траекториясининг ҳар бир нуқтасига траекторияга ҳаракат йўналишидаги $M\bar{\tau}$ уринма ўқини, унга тик қилиб, траекториянинг ботиқлик томонига қараб йўналган. $M\bar{n}$ бош нормал ўқини ва бу икки ўққа тик бўлган $M\bar{b}$ бинормал ўқларини ўтказамиз.

Бу ўқларга табиий координата ўқлари, $M\bar{\tau}\bar{n}\bar{b}$ га эса табиий координаталар системаси дейилади. Худди шундай троекториянинг ҳар бир нуқтасида ўзаро тик бўлган учта $M\tau n$ - ҳаракат текислиги, $M\tau b$ уринма ва Mnb нормал текисликларни ўтказиш мумкин. Буларга **табиий учёқлик** дейилади. Нуқта ҳаракати $M\tau n$ текисликда яъни ҳаракат текислигида содир бўлади; траектория, тезлик ва тезланиш шу текисликда ётади.

Ҳаракат табиий усулда берилганида тезликни аниқлаш



Нуқта ҳаракати табиий усулда берилиб $S = S(t)$ қонунга биноан ҳаракатлансин.

$t = t_1$ да M_1 ҳолатда бўлсин

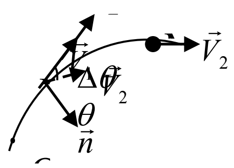
$t = t_2$ онда M_2 ҳолатда бўлсин

Бу вазиятлар S_1, S_2 яъни $OM_1 = S_1$, $OM_2 = S_2$ билан аниқланади.

Нуқта $t_2 - t_1 = \Delta t$ вақт ҳаракатланганида эгри чизиқли координата $S_2 - S_1 = \Delta S$ га ўзгаради. $\dfrac{\Delta S}{\Delta t} = V_{ур}$ га ўртача тезлик, унинг лимитига эса ҳақиқий тезлик дейилади,

$V = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta S}{\Delta t}$, демак $V = \dfrac{dS}{dt} = \dot{S}$ яъни нуқта ҳаракати табиий усулда берилганида унинг тезлиги эгри чизиқли координатадан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосилага тенг бўлади.

Маълумки тезлик, траекторияга ҳаракат йўналишида ўтказилган уринма бўйлаб йўналади. Шунинг учун $\bar{V} = V\bar{\tau} = \dot{S}\bar{\tau}$

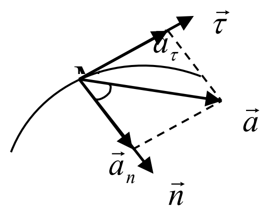


Нуқта ҳаракати табиий усулда берилганида тезланиш. Уринма, нормал ва тўла тезланиш

Маълумки, $\bar{a} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta \bar{V}}{\Delta t} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\bar{V}_2 - \bar{V}_1}{\Delta t}$ ифодани уринма ва нормал ўқларга проекциялаÑак,

$$a_\tau = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{V_{2\tau} - V_{1\tau}}{\Delta t}, \qquad a_n = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{V_{2n} - V_{1n}}{\Delta t}; \quad a_b = 0$$

шаклдан



$V_{2\tau} = V_2 \cos \Delta\theta \quad V_{2n} = V_2 \sin \Delta\theta \qquad V_{1\tau} = V_1$

$V_{1n} = 0$ бўлгани учун

$$a_\tau = \lim_{\substack{\Delta t \to 0 \\ \Delta\theta \to 0}} \frac{V_2 \cos \Delta\theta - V_1}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{V_2 - V_1}{\Delta t} = \lim \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{dV}{dt}$$

$$a_n = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{V_2 \sin \Delta\theta}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} V_2 \cdot \frac{\sin \Delta\theta}{\Delta\theta} \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta S} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} = V \cdot 1 \cdot k \cdot V = kV^2 \quad \text{бўлади.}$$

$\lim\limits_{\Delta S \to 0} \dfrac{\Delta\theta}{\Delta S} = k = \dfrac{1}{\rho}$ бўлиб k-эгри чизиқнинг эгрилиги, ρ-эгрилик радиуси

бўлгани учун $a_\tau = \dfrac{dV}{dt}$, $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, $a_b = 0$ бўлади. Ҳаракат $M\tau n$-текисликда содир бўлгани учун бинормал тезланиш мавжуд бўлмайди. Тўла тезланиш уринма ва нормал тезланишлардан ташкил топади. $\bar{a} = \bar{a}_\tau + \bar{a}_n$, $\bar{a} = a_\tau \cdot \bar{\tau} + a_n \cdot \bar{n}$; $\bar{a} = \frac{dV}{dt}\bar{\tau} + \frac{V^2}{\rho} \cdot \bar{n}$ уринма тезланиш уринма ўқи бўйлаб, нормал тезланиш нормал ўқи бўйлаб йўналади ва ҳар доим $\bar{a}_\tau \perp \bar{a}_n$ бўлгани учун тўла тезланиш $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$ ёки $a = \sqrt{\left(\frac{dV}{dt}\right)^2 + \left(\frac{V^2}{\rho}\right)^2}$ бўлиб, йўналиши $tg\mu = \frac{|a_\tau|}{a_n}$ ёки $\mu = arctg\frac{|a_\tau|}{a_n}$ ёрдамида аниқланади. Ҳаракат секинланувчан бўлса $\bar{a}_\tau \uparrow\downarrow \bar{V}$ бўлади.

Текис, тўғри чизиқли ва текис тўғри чизиқли ҳаракатларда тезланиш миқдори ва йўналиши

1. Нуқта текис ҳаракат қилсин. Унда $V = const$ бўлади. Демак $a_\tau = \frac{dV}{dt} = 0$ бўлиб $\bar{a} = \bar{a}_n$, $a = a_n = \frac{V^2}{\rho}$ бўлади. Демак текис ҳаракатда уринма тезланиш мавжуд бўлмасдан, тўла тезланиш фақат нормал тезланишдан иборат бўлади.

2. Нуқта тўғри чизиқли траектория бўйлаб ҳаракатлансин. У ҳолда $\rho = \infty$ бўлгани учун $a_n = \frac{V^2}{\rho} = 0$ бўлиб $\bar{a} = \bar{a}_\tau$ ёки $a = a_\tau = \frac{dV}{dt}$ бўлади. Яъни тўғри чизиқли ҳаракатда нормал тезланиш содир бўлмасдан, тўла тезланиш фақат уринма тезланишдан иборат бўлади.

3. Нуқта тўғри чизиқли траектория бўйлаб текис ҳаракат қилсин. Бу ҳолда $\rho = \infty$ ва $V = const$ бўлгани учун $a_n = \frac{V^2}{\rho} = 0$, $a_n = \frac{dV}{dt} = 0$ бўлиб $a = 0$ бўлади. Яъни, текис, тўғри чизиқли ҳаракатда тезланиш мавжуд бўлмайди.

12-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

МАВЗУ: Қаттиқ жисмнинг содда ҳаракатлари

Қаттиқ жисм ва унинг илгариланма ва қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма ҳаракатлари.

Қаттиқ жисм ва унинг илгариланма ҳаракати.

Таъриф 1. *Жисмда олинган икки нуқта орасидаги масофа жисм ҳаракати давомида ўзгармаса, бундай жисмга қаттиқ жисм дейилади.*

Таъриф 2. *Қаттиқ жисмда олинган икки нуқтани туташтирувчи тўғри чизиқ жисм ҳаракати давомида ҳар доим ўз-ўзига параллел равишда кўчса, жисмнинг бундай ҳаракатига унинг илгариланма ҳаракати дейилади.*

Бу таърифдан кўринадики, илгариланма ҳаракат траекторияси ҳар хил чизиқ - тўғри чизиқ, айлана, парабола, сфера ва ҳ к. бўлиши мумкин. Жисм илгариланма ҳаракатда бўлса қуйидаги теорема ўринли бўлади.

Теорема. *Жисм илгариланма ҳаракатда бўлса унинг барча нуқталари бир хил траектория чизади ва барча нуқталарнинг тезликлари ҳам тезланишлари бир хил бўлади.*

Бу теоремага асосан барча нуқталари бир хил тезлик, тезланиш ва траектория бўйича ҳаракатлангани учун жисмнинг илгариланма ҳаракатини ўрганиш ўрнига бу жисмнинг ихтиёрий нуқтасининг ҳаракатини ўрганиш кифоядир.

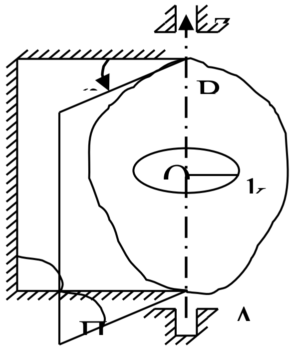
Қаттиқ жисмнинг фазодаги илгариланма ҳаракат қонуни $x = x(t), y = y(t), z = z(t)$ тенгламалар билан, XOY текисликдаги илгариланма ҳаркат қонуни $x = x(t), y = y(t)$ тенгламалар билан, OX

ўқидаги ҳаракати эса $x = x(t)$ тенгламалар билан берилади. Бу ҳолларда траектория, тезлик ва тезланишни аниқлаш услуби бизга маълум. Кўп ҳолларда қаттиқ жисмнинг илгариланма ҳаракатини ўрганиш ўрнига унинг массалар маркази C нуқта ҳаракати ўрганилади.

Қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма ҳаракати

Қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма ҳаракат қонуни.

Таъриф. *Жисмнинг ҳаракати давомида унинг исталган икки нуқтаси ўзгармаса, бундай ҳаракатга шу нуқталардан ўтувчи ўқ атрофидаги айланма ҳаракат дейилади*. Бу ҳаракат давомида жисмнинг ўқи устида ётган барча нуқталари ҳам ҳаракатланмайди. Бу ҳаракатни ўрганиш учун айланиш ўқидан ўтган икки текислик олинади. Уларнинг бири қўзғалмас (Π_0) ,иккинчи қўзғалувчан (Π) текислик бўлиб, жисм ҳаракатланганида бу икки текислик орасидаги φ бурчак ўзгариб боради. Агар вақт ўтиши билан шу бурчакнинг ўзгариш қонуни маълум бўлса, ёки $\varphi = \varphi(t)$ тенглама берилган бўлса қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма ҳаракат қонуни берилган дейилади.

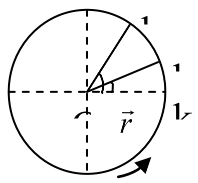


Қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма ҳаракат қилувчи жисм тезлик, тезланиш, бурчак тезлик ва бурчак тезланишга эга.

Айланма ҳаракат бурчак тезлик ва бурчак тезланиш векторлари.

Жисм қўзғалмас z ўқи атрофида $\varphi = \varphi(t)$ қонунга кўра айланма ҳаракат қилганида жисмдаги ихтиёрий k нуқта $ok = r_k$ радиусли айлана чизади. $t = t_1$ да k нуқта k_1 да $t = t_2$ да эса k нуқта k_2 да бўлсин, яъни $< kok_1 = \varphi_1$ ва $< kok_2 = \varphi_2$ бурчакка бурилсин.

Демак, $\Delta t = t_2 - t_1$ вақт ҳаракат қилганида жисм $< k_1ok_2 = \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ бурчакка бурилади.



$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \omega_{ур}$ га ўртача бурчак тезлик дейилади, унинг $\Delta t \to 0$ даги лимитига $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \dot{\varphi}$ ҳақиқий бурчак тезлик дейилади. Демак $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \dot{\varphi}$ бурчак тезлик бурилиш бурчагидан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосилага тенг бўлиб 1/с, рад/с, $с^{-1}$ билан ўлчаниладиган, айланиш ўқи бўйлаб йўналган вектор катталикдир.

Жисм $t = t_1$ да k_1 ҳолатда бўлиб, бурчак тезлиги ω_1 бўлсин; $t = t_2$ ҳолатда k_2 да бўлиб ω_2 бурчак тезликка эга бўлсин.

Демак $\Delta t = t_2 - t_1$ вақт ҳаракатланганида бурчак тезлик $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ га ўзгаради.

$\frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \varepsilon_{ўрт}$ га ўртача бурчак тезланиш дейилади. Бу ифоданинг $\Delta t \to 0$ даги лимитига $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \varepsilon$ ҳақиқий бурчак тезланиш дейилади. Демак $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \dot{\omega}$ ёки $\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \ddot{\varphi}$ яъни бурчак тезланиш бурчак тезликдан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ёки бурилиш бурчагидан вақт бўйича олинган иккинчи тартибли ҳосилага тенг бўлиб, $1/с^2$, $рад/с^2$, $с^{-2}$ билан ўлчаниладиган, айланиш ўқи бўйлаб йўналган вектор катталикдир.

Текис ва текис ўзгарувчан айланма ҳаракат

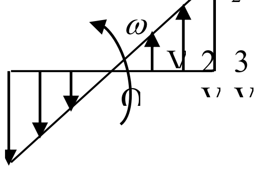
Ҳаракат давомида бурчак тезлик ўзгармасин. $\omega = const$. Демак $\omega = \dfrac{d\varphi}{dt}$ дан $d\varphi = \omega dt$ ни итегралласак $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ ҳосил бўлади. Агар $t = 0$ да $\varphi = \varphi_0 = 0$ бўлса $\varphi = \omega t$ бўлади. Булар текис айланма ҳаракат қонунидир. Текис айланма ҳаракат техникада вақт бирлигидаги айланишлар сони билан ўлчанилади. Агар *t =1мин.= 60 сек*да *n* марта айланса $\varphi = 2\pi n$

бурчакка бурилади. Натижада $\omega = \dfrac{\varphi}{t} = \dfrac{2\pi n}{60} = \dfrac{\pi n}{30}$ муносабат келиб чиқади. $\omega = \dfrac{\pi n}{30}$ ёрдамида ω берилса n, ва аксинча n берилса ω топилади.

Ҳаракат давомида $\varepsilon = const$ бўлса унга текис ўзгарувчан айланма ҳаракат дейилади. $\varepsilon = \dfrac{d\omega}{dt}$ дан $d\omega = \varepsilon\, d\, t$ ёки $\omega - \omega_0 = \varepsilon\, t$ $\quad \omega = \omega_0 + \varepsilon t$ ёрдамида текис ўзгарувчан айланма ҳаракат бурчак тезлиги аниқланади. $\dfrac{d\varphi}{dt} = \omega_0 + \varepsilon t$ дан $d\varphi = \omega_0 dt + \varepsilon t dt$ ёки $\varphi - \varphi_0 = \omega_0 t + \dfrac{1}{2}\varepsilon t^2$ ёки $\varphi - \varphi_0 = \omega_0 t + \dfrac{1}{2}\varepsilon t^2$ текис ўзгарувчан айланма ҳаракат қонунини ифодалайди. Агар $\overline{\omega}, \ \overline{\varepsilon}$ бир томон йўналса айланма ҳаракат тезланувчан, акс ҳолда секинланувчан бўлади. Секинланувчан айланма ҳаракат бурчак тезлиги ва қонунини аниқлашда ε минус (-) ишора билан олинади.

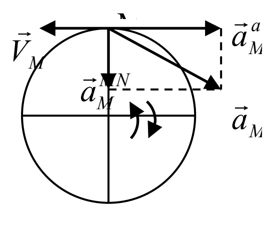
13-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ
МАВЗУ:Айланма ҳаракатдаги жисм нуқтаси тезлиги ва тезланиши

Айланма ҳаракатдаги жисм нуқтаси тезлиги.



$\Delta t = t_2 - t_1$ вақт ичида M нуқта M_1M_2 масофага силжийди ёки $< M_1\, OM_2 = \Delta\varphi$ га бурилади. Маълумки $M_1\, M_2 = \Delta S_k = R\Delta\varphi$ бўлгани учун $V_k = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta S_k}{\Delta t} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{r_k \Delta\varphi}{\Delta t} = r_k \cdot \dfrac{d\varphi}{dt} = r_k \omega$ бўлади. Демак, $V_M = R\omega$, демак айланма ҳаракатдаги жисм ихтиёрий нуқтаси тезлиги айланиш радиуси билан айланма ҳаракат бурчак тезлиги кўпайтмасига тенг бўлади. Нуқта айланиш ўқидан қанча узоқда бўлса тезлиги шунча катта бўлади. Шунинг учун ҳам бу тезликка чизиқли тезлик дейилади.

Айланма ҳаракатдаги жисм нуқтасининг тезланиши. Айлантирувчи ва марказга интилма тезланишлар. Тўла тезланиш ва уларнинг йўналишлари



Ҳаракат табиий усулда берилганда $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ бўлиб $\vec{a}_\tau = \dfrac{dV}{dt}, a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$

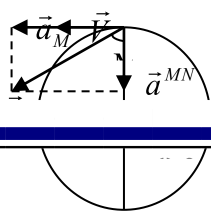
Маълумки жисм айланма ҳаракат қилса ихтиёрий M нуқта $OM = R_k$ усли айлана бўйлаб $V_M = R_k \omega$ тезлик билан ҳаракат қилади.

нинг учун

$$= \frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt}\left(R_k \omega\right) = R_k \frac{d\omega}{dt} = R_k \varepsilon$$

$$= \frac{V^2}{\rho} = \frac{\left(R\omega\right)^2}{R} = R_k \omega^2$$ бўлади.

Жисм айланма ҳаракат қилганида уринма тезланишга айлантирувчи тезланиш, нормал нишга марказга интилма тезланиш дейилади. Шунинг учун жисм қўзғалмас



ў трофида айланма ҳаракатда бўлса, унинг ихтиёрий нуқтасининг тезланиши айлантирувчи ва м азга интилма тезланишларнинг геометрик йиғиндисидан иборат бўлади.

$$= \bar{a}_M^{\tau} + \bar{a}_M^{n} = \bar{a}_M^{ай} + \bar{a}_M^{ми}$$

$$= a_M^{ай} = r_M \varepsilon; \qquad a_M^{n} = a_M^{ми} = r_M \cdot \omega^2$$

лантирувчи тезланиш айланиш томон, марказга интилма тезланиш марказ томон йўналади, улар ў) тик бўлади.

гижада тўла тезланиш $a_M = \sqrt{\left(a_M^{ми}\right)^2 + \left(a_M^{ай}\right)^2}$ $\quad a_M = r_M \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$

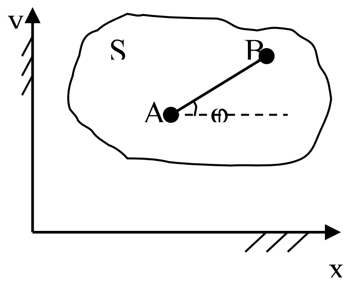
ҳамида аниқланади, демак нуқта айланиш ўқидан қанча узоқда бўлса унинг тезланиши шунча к ι бўлади. Шунинг учун бунга чизиқли тезланиш ҳам деб аталади. Тўла тезланиш йўналиши

$= arctg\dfrac{\left|a^{ай}\right|}{a^{ми}} = arctg\dfrac{|\varepsilon|}{\omega^2}$ бурчак орқали аниқланади.

14-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

МАВЗУ: Қаттиқ жисмнинг текис – параллел ҳаракати.

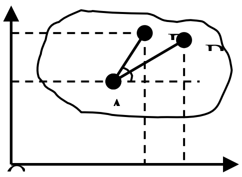
Таъриф. ***Жисм ҳаракат давомида бирор қўзғалмас текисликка нисбатан параллел ҳолда ҳаракатланса, бу ҳаракатга текис параллел ёки қисқача қилиб, текис ҳаракат дейилади.***



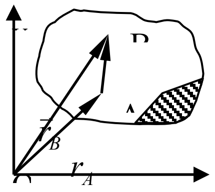
Жисмнинг Π текисликка нисбатан текис параллел ҳаракатини ўрганамиз. Бунинг учун жисмни Π га параллел бўлган Q текислик билан кессак S кесим ҳосил бўлади. Жисм билан S кесимнинг Π текисликка нисбатан ҳаракати бир хил бўлгани учун жисмнинг текис параллел ҳаракатини ўрганишнинг ўрнига S кесимнинг Π текисликка нисбатан текис параллел ҳаракатини ўрганамиз. Ўз навбатида S кесимда A ва B нуқталардан ўтган тўғри чизиқни олсак, бу AB тўғри чизиқ билан S кесимнинг ҳаракатлари бир хил бўлгани учун S кесимнинг ҳаракатини ўрганиш ўрнига AB тўғри чизиқнинг ҳаракатини ўрганамиз. Ўз навбатида AB тўғри чизиқнинг қўзғалмас Π ёки хоу текисликка нисбатан ҳаракатини ўрганиш учун A нуқтанинг илгариланма ҳаракатини ва AB тўғри чизиқнинг A нуқта атрофидаги айланма ҳаракатини ўрганиш тушунилади. Шундай қилиб жисмнинг текис параллел ҳаракатини ўрганиш, унинг S кесимидаги ихтиёрий A нуқтанинг илгариланма ҳаракатини ва ундаги AB тўғри чизиқнинг A нуқта атрофидаги айланма ҳаракатини ўрганишга келтирилди. Илгариланма ҳаракати ўрганиладиган A нуқтага қутб нуқтаси дейилади. Шундай қилиб текис параллел ҳаракатни ўрганиш қутб нуқтасининг илгариланма ҳаракатини ва унинг атрофидаги айланма ҳаракатни ўрганишга келтирилади. Яъни текис параллел ҳаракат илгариланма ва айланма ҳаракатларнинг йиғиндиси шаклида қаралади. A нуқтанинг хоу текислигидаги илгариланма ҳаракати $x_A = x_A(t), y_A = y_A(t)$ тенгламалар билан, бу нуқта атрофидаги айланма ҳаракат эса $\varphi = \varphi(t)$ билан берилгани учун қаттиқ жисмнинг текис параллел ҳаракати $x_A = x_A(t), y_A = y_A(t), \quad \varphi = \varphi(t)$ тенгламалар билан берилади. Бу текис параллел ҳаракат қонунидир.

Текис параллел ҳаракатдаги жисм нуқтасининг траекторияси

S кесимдаги ихтиёрий D нуқтанинг траекториясини аниқлайлик. D нуқта танлангани учун $AD = в, \angle DAB = \alpha$ маълум бўлади. У ҳолда шаклга биноан $\begin{array}{l} X_D = X_A + AD\cos(\alpha + \varphi) \\ Y_D = Y_A + ADSin(\alpha + \varphi) \end{array}$, бўлади. Бу тенгламаларга текис параллел ҳаракат қонунини қўллайдиган бўлсак $x_D = f_1(t), y_D = f_2(t)$ келиб чиқади. Бу тенгламалардан параметр $t-$ ни йўқотсак D нуқта траекторияси ҳосил бўлади.



Текис шакл ихтиёрий нуқтасининг тезлиги. Қутб усули

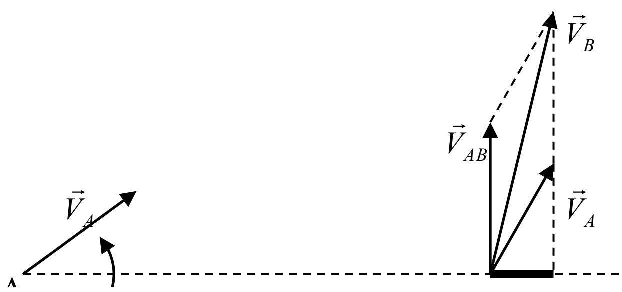


S кесимдаги ихтиёрий B нуқта тезлигини аниқлаш мақсадида A, B нуқталарни O марказ билан туташтириб радиус векторларини $\bar{r}_A, \bar{r}_B$ десак, шаклдан $\bar{r}_B = \bar{r}_A + \overline{AB}$ бўлади. Демак $\dfrac{d\bar{r}_B}{dt} = \dfrac{d\bar{r}_A}{dt} + \dfrac{d(\overline{AB})}{dt}$ ёки $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$ эканлиги ҳосил бўлади. Бунда $\vec{V}_B, \vec{V}_A$ лар B ва A нуқталарнинг тезликлари, $\vec{V}_{BA}-$ эса B нуқтанинг A нуқта атрофидаги айланма ҳаракат тезлиги. Маълумки, текис параллел ҳаракат қонуни аниқ бўлгани, берилгани учун $V_A = \sqrt{\dot{x}_A^2 + \dot{y}_A^2}$, $Cos\alpha = \dot{x}_A / V_A$, $Co\beta = \dot{y}_A / V_A$ бўлиб $V_{BA} = BA \cdot \omega = BA \cdot \varphi'$, $\vec{V}_{BA} \perp AB$ бўлади, яъни $\vec{V}_A, \vec{V}_{AB}$ миқдор ва йўналиш жиҳатдан маълум бўлади. У ҳолда текис шакл ихтиёрий B нуқтанинг тезлиги миқдор ва йўналиш жиҳатдан $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$ ёрдамида аниқланади.

Теорема. ***Текис шакл ихтиёрий нуқтасининг тезлиги унинг қут нуқтасининг илгариланма ҳаракат тезлиги билан, ихтиёрий нуқтанинг қут нуқтаси атрофидаги айланма ҳаракат тезликларнинг геометрик йиғиндисиг тенг бўлади.***

Проекция усули

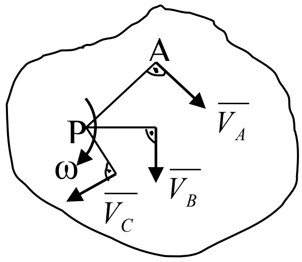
Теорема. ***Текис шакл икки нуқтаси тезликларининг бу нуқталарни туташтирувчи тўғри чизиқдаги проекциялари тенгдир.***



Пр$_{AB}$ $\vec{V}_B = Пр_{AB}\vec{V}_A$ Исботи. Маълумки $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{AB}$ бўлиб, $\vec{V}_{AB} \perp AB$ натижада $Пр_{AB}\ \vec{V}_{AB} = 0$ бўлгани учун   Пр$_{AB}$ $\vec{V}_B = Пр_{AB}\vec{V}_A$ бўлади.

Тезликлар оний маркази усули

Жисм текис параллел ҳаракат қилса, ҳар онда бу жисмда шундай бир нуқт топиладики, бу нуқтанинг тезлиги нолга тенг бўлади. Бу нуқтани P била белгиласак, $\vec{V}p = 0$ бўлади. Демак бундай нуқта текис параллел ҳаракат қилувч жисмда ҳар онда мавжуд. Бу нуқтага тезликлар оний маркази дейилади.



Маълумки $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{AB}$, бунда A қутб нуқтаси бўлиб уни тезлиги $\vec{V}_A$ маълум. Агар қутб нуқтаси A ўрнига тезлиги маълум бўлган тезликлар оний маркази P нуқтадан фойдалансак $\vec{V}_B = \vec{V}_P + \vec{V}_{PB}$ ёки $\vec{V}_B = \vec{V}_{PB}$ бўлади.

Теорема. ***Текис шакл ихтиёрий нуқтасининг тезлиги бу нуқтанин тезликлар оний маркази атрофидаги айланма ҳаракат тезлигига тенг.***

Агар A, B, C нуқталарни текширсак

$\vec{V}_A = \vec{V}_{PA}$ $V_{PA} = AP.\omega,$ $V_{AP} \perp AP,$ $V_A = AP.\omega$ $\vec{V}_B = \vec{V}_{PB}$

$V_{PB} = BP.\omega,$ $\vec{V}_{BP} \perp BP,$ $V_B = BP.\omega$

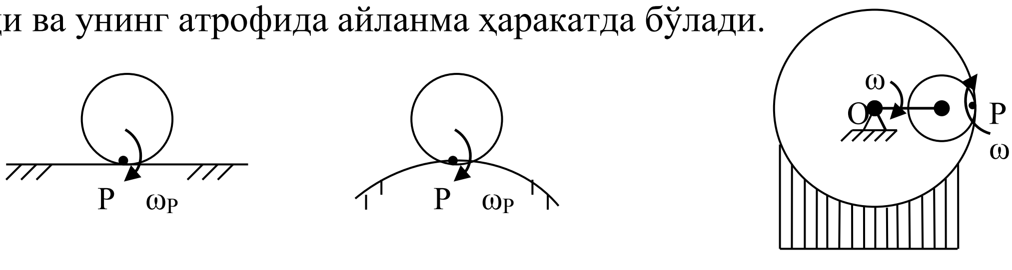
$\vec{V}_C = \vec{V}_{pc}$ $V_{pc} = CP.\omega,$ $\vec{V}_{cp} \perp CP,$ $V_C = CP.\omega$ бўлгани учун $\dfrac{V_A}{AP} = \dfrac{V_B}{BP} = \dfrac{V_C}{CP} = \omega = const$

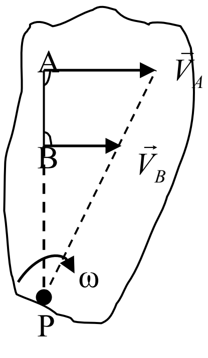
бўлади.

Теорема. ***Текис шакл ихтиёрий нуқтаси тезлигининг шу нуқтадан тезликлар оний марказигача бўлган масофага нисбати ўзгармас катталик бўлиб, айланма ҳаракат бурчак тезлигини ифодалайди.***

Тезликлар оний марказини аниқлаш усуллари

1. Бир жисм иккинчи бир қўзғалмас жисм сиртида ёки ичида айланма ҳаракатда бўлса, улар учун умумий бўлган нуқта тезликлар оний маркази бўлади ва унинг атрофида айланма ҳаракатда бўлади.

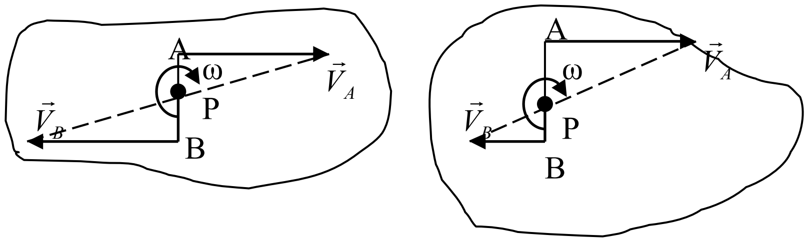




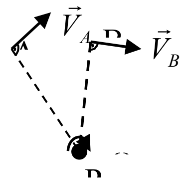
2. $\vec{V}_A \parallel \vec{V}_B$, $\vec{V}_A \perp AB$

$\vec{V}_A \neq \vec{V}_B$, $\vec{V}_B \perp AB$ бўлса нуқталардан ўтган тўғри чизиқ билан тезликлар охиридан ўтган тўғри чизиқларнинг кесишиш нуқтаси тезликлар оний маркази бўлади.

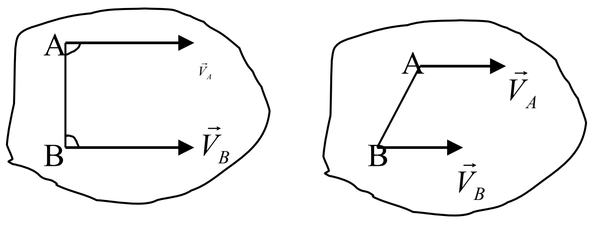
3. $\vec{V}_A \perp AB, \quad \vec{V}_B \perp AB$ бўлиб $\vec{V}_A \| \vec{V}_B$ бўлса (тезликлар миқдори тенг ёки тенг эмас бўлишининг аҳамияти йўқ) нуқталардан ўтган чизиқ билан тезликлар охирларидан ўтган чизиқларнинг кесишиш нуқтаси тезликлар оний маркази бўлади, жисм шу нуқта атрофида оний айланма ҳаракатда бўлади.



4. $V_A = V_B, \vec{V}_A \| \vec{V}_B$ бўлса $\left(\vec{V}_A \perp AB, \vec{V}_B \perp AB\right)$ бўлиши шарт эмас) тезликлар оний маркази бўлмайди, чексизликда бўлади. Жисм бу ҳолда оний илгариланма ҳаракатда бўлади.



Юқоридагилардан бошқа ҳолатларда тезликлар оний марказини топиш учун шу нуқталардан шу тезликларга тик чизиқлар ўтказиш керак. Уларнинг кесишиш нуқтаси оний тезликлар маркази бўлади.



15-ТАРҚАТМА МАТЕРИАЛ

МАВЗУ: Қаттиқ жисмнинг текис – параллел ҳаракатида тезланишни аниқлаш

Текис шакл ихтиёрий нуқтасининг тезланиши. Қутб усули

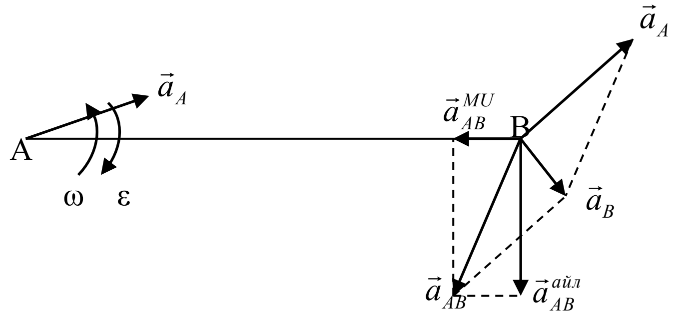
Текис шакл ихтиёрий В нуқтасининг тезлиги $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{AB}$ ёрдамида аниқланган эди. У ҳолда $\frac{d\vec{V}_B}{dt} = \frac{d\vec{V}_A}{dt} + \frac{d\vec{V}_{AB}}{dt}$ дан $\bar{a}_B = \bar{a}_a + \bar{a}_{AB}$ эканлиги келиб чиқади.

Теорема. ***Текис шакл ихтиёрий нуқтасининг тезланиши унинг қутб нуқтасининг илгариланма ҳаракат тезланиши билан ихтиёрий нуқтанинг қутб нуқтаси атрофидаги айланма ҳаракат тезланишларининг геометрик йиғиндисига тенг.***

$\bar{a}_{AB}$ - вектор B нуқтанинг A нуқта атрофидаги айланма ҳаракат тезланиш бўлгани учун $\bar{a}_{AB} = \bar{a}_{AB}^{ай} + \bar{a}_{AB}^{ми}$ бўлиб текис шакл ихтиёрий нуқтаси тезланиш

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{AB}^{ай} + \bar{a}_{AB}^{ми}$$

ёрдамида топилади, бунда текис параллел ҳаракат қонуни $x_A = x_A(t), y_A = y_A(t), \varphi = \varphi(t)$ маълум бўлгани учун қутб нуқтасининг



илгариланма ҳаракат тезланишининг аналитик ифодаси $a_A = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2}$,

$Cos\alpha = \dfrac{\ddot{x}}{\sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2}}$ $Cos\beta_1 = \dfrac{\ddot{y}}{\sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2}}$ ва ихтиёрий нуқтанинг қутб атрофидаги айлантирувчи тезланиш $a_{AB}^{ай} = AB\varepsilon = AB\ddot{\varphi}$ ва марказга интилма тезланиши $a_{AB}^{ми} = AB \cdot \omega^2 = AB\dot{\varphi}^2$ миқдор ва йўналиш жиҳатдан маълум бўлиб, натижада теоремага биноан текис шакл ихтиёрий B нуқтасининг тезланиши миқдор ва йўналиш жиҳатдан тўла аниқланилади. Агар айланма ҳаракат тезланувчан бўлса текис шакл ихтиёрий B нуқтаси тезланишининг йўналиши қуйидагича аниқланади.

Агар айланма ҳаракат секинланувчан бўлса,

Тезланишлар оний маркази ва унинг ёрдамида текис шакл нуқтаси тезланишини аниқлаш

Жисм текис параллел ҳаракатда бўлса ҳар онда шундай Q нуқта топиладики, бу нуқта тезланиши нолга тенг бўлади. Бу нуқтага тезланишлар оний маркази дейилади. $\overline{a}_Q = 0$. Агар қутб нуқтаси ўрнига тезланишлар оний марказини олсак ихтиёрий D нуқта тезланиши $\vec{a}_B = \vec{a}_Q + \vec{a}_{QB} = \vec{a}_{QB}$ ёки $\vec{a}_B = \vec{a}_{QB}$ ёрдамида аниқланади.

Теорема. ***Текис шакл ихтиёрий нуқтасининг тезланиши шу нуқтанинг тезланишлар оний маркази атрофидаги айланма ҳаракат тезланишига тенг.***

Маълумки $\vec{a}_{QB} = \vec{a}_{QB}^{ми} + \vec{a}_{QB}^{ай}$ бўлиб $a_{QB}^{ми} = QB \cdot \omega^2, a_{QB}^{ми} = QB \cdot \varepsilon$ бўлиб, ҳар доим $\vec{a}_{QB}^{ми} \perp a_{QB}^{ай}$ *ва* $\vec{a}_{QB}^{ми}$ марказ томон, $\vec{a}_{QB}^{ай}$ эса айланиш бурчак тезланиши томон йўналгани учун $a_{QB} = \sqrt{\left(a_{QB}^{ми}\right)^2 + \left(a_{QB}^{ай}\right)^2} = QB\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ бўлади.

Демак, $a_B = a_{QB} = QB\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ бўлади. Худди шундай исталган A,B,C,K нуқталар учун

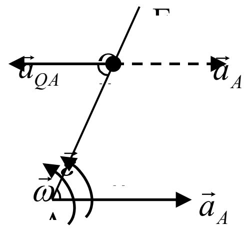
$$\left.\begin{aligned} a_A &= a_{QA} = QA \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \\ a_B &= a_{AB} = QB \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \\ a_c &= a_{QC} = QC \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \end{aligned}\right\}$$

бўлгани учун бу ифодадан қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{a_A}{QA} = \frac{a_B}{QB} = \frac{a_c}{QC} = \frac{a_k}{QK} = \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} = Const \text{ бўлади.}$$

Теорема. ***Текис шакл ихтиёрий нуқтаси тезланишининг шу нуқтадан тезланишлар оний марказига бўлган масофага нисбати ўзгармас катталик бўлади.***

Тезланишлар оний марказини аниқлаш



Текис параллел ҳаракат қилаётган жисмда ҳар бир $\omega \neq 0, \varepsilon \neq 0$ пайтида тезланиши нолга тенг битта нуқтаси бўлади. Бу тезланиш оний маркази.

ω – бурчак тезлик,

E – бурчак тезланиш, a_A – тезланишлар.

Тезланишлар оний маркази Q билан белгиланади.

$AQ = |\vec{a}_A| / \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$ $Q(\cdot)$ нинг тезланиши $\vec{a}_Q = \vec{a}_A + \vec{a}_{QA}$ Бу ерда $\vec{a}_{QA}$ – нуқтанинг A қутб атрофида айланма ҳаракат тезланиши бўлиб, унинг модули $|\vec{a}_{QA}| = AQ \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} = |\vec{a}_A|$ бўлади, йўналиши эса AE тўғри чизиқнинг ҳамма нуқталари каби, бу тўғри чизиқ билан ε йўналишига мос μ бурчак ташкил қилиб, $\vec{a}_A$ векторга қарама – қарши йўналади: $\vec{a}_{QA} = -\vec{a}_A$. Демак, $\vec{a}_Q = \vec{a}_A - \vec{a}_A = 0$ Шундай қилиб, Q – тезланишлар оний маркази дейилади. Вақт ўтиши билан унинг ўрни ўзгариши мумкин.

T E S T L A R

TEST VARIANTLAR

Test topshirig'i	To'g'ri javob	Muqobil javob	Muqobil javob	Muqobil javob
Ikki vektor teng deyiladi	Uzunliklari va yo'nalishlari bir xil bo'lsa	yo'nalishlari bir xil bo'lsa	Uzunliklari bir xil bo'lsa	Yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lsa
Kuch deb aytiladi	Jismning muvozanatini o'zgartiruvchi sababga	Jismning shaklini o'zgartiruvchi sababga	Jismning og'irligini o'zgartiruvchi sababga	Jismning ta'sirini o'zgartiruvchi sababga
Kuch aniqlanadi:	miqdori bilan ; yo'nalishi bilan; qo'yilgan nuqtasi bilan .	miqdori bilan; yo'nalishi bilan.	yo'nalishi bilan; qo'yilgan nuqtasi bilan. .	Miqdori bilan; qo'yilgan nuqtasi bilan.
Kuch o'lchov birligi	nyuton	kg	sm	metr
Kuchlar sistemasi o'zaro ekvivalent deyiladi, agar	Ta'sirlari teng bo'lsa	Yo'nalishlari bir xil bo'lsa	Kuchlar soni teng bo'lsa	Yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lsa
Teng ta'sir etuvchi kuch teng	Kuchlar sistemasiga ekvivalent bitta kuchga	Qarama-qarshi yo'nalgan kuchlarga	Paralell yo'nalgan kuchlarga	Bir chizisda yotuvchi kuchlarga
Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi ekvivalent bo'ladi	nolga	O'zaro paralell kuchlarga	Teng ta'sir etuvchi kuchga	Yo'nalishlari bir xil bo'lgan kuchlarga
Jismning biror nuqtasiga qo'yilgan turli yo'nalishdagi ikki $\overline{F_1}$ va $\overline{F_2}$ kuchning teng ta'sir etuvchisi $\overline{R}$ teng	$\overline{R} = \overline{F_1} + \overline{F_2}$	$\overline{R} = \overline{F_1} - \overline{F_2}$	$R = F_1 + F_2$	$R = F_1 - F_2$

Kesishuvchi kuchlar sistemasi deb aytiladi	**Kuchlarning ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishsa**	**Kuchlarning ta'sir chiziqlari parallel bo‘lsa**	**Kuchlarning ta'sir chiziqlari ayqash bo‘lsa**	**Kuchlar yig‘indisi boshqa bir kuchga teng bo‘lsa**
Reaksiya kuchlari yo‘naladi	**Harakat qaysi tomondan cheklangan bo‘lsa, shu yo‘nalishga teskari**	**Harakat yo‘nalishi bo‘yicha**	**Ta'sir kuchlariga teskari**	**Ta'sir kuchlari yo‘nalishi bo‘yicha**
Bir nuqtaga qo‘yilgan , o‘zaro $\alpha = 90^0$ burchak tashkil etuvchi ikkita $\overline{F}_1 ; \overline{F}_2$ kuchning teng ta'sir etuvchisi R ni qiymatini toping.	$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	$R = F_1 + F_2$	$R = F_1 - F_2$	$R = \sqrt{F_1^2 - F_2^2}$
n **ta kuchning teng ta'sir etuvchisi aniqlanadi**	$\overline{R} = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k$	$\overline{R} = \int_{1}^{n} \overline{F}_k$	$\overline{R} = \lim_{k\to\infty} \overline{F}_k$	$\overline{R} = \sum_{k=1}^{n} F_k$
Teng ta'sir etuvchini analitik usulda aniqlash formulasini ko‘rsating	$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$	$R = R_x + R_y + +R_z$	$R = R_x + R_y$	$R = \sqrt{R_x + R_y + R_z}$
Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining analitik muvozanat sharti ifodalanadi	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0$	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} M_0(\overline{F}_k) = 0$	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} M_y(\overline{F}_k) = 0$ $\sum_{k=1}^{n} M_z(\overline{F}_k) = 0$
Tekislikda kesishuvchi kuchlar sistemasining analitik muvozanat sharti ifodalanadi	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0$	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} M_y(\overline{F}_k) = 0$ $\sum_{k=1}^{n} M_z(\overline{F}_k) = 0$	$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$ $\sum_{k=1}^{n} M_0(\overline{F}_k) = 0$

Bir tekislikda yotuvchi va parallel bo‘lmagan uchta kuch muvozanatlashsa, ularning	ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadi	ta'sir chiziqlari parallel bo‘ladi	ta'sir chiziqlari ayqash bo‘ladi	ta'sir chiziqlari kesishmaydi
Nuqtaga nisbatan kuch momentining moduli teng	$M_0(\overline{F}) = \pm F \cdot h$	$M_0(\overline{F}) = \overline{F} \cdot \overline{h}$	$M_0(\overline{F}) = F \cdot h$	$M_0(\overline{F}) = F^2 \cdot h^2$
Kuchning ta'sir chizig‘i moment markazini kesib o‘tsa, kuch momenti teng bo‘ladi	0	1 N m	-1 N m	∞
Nuqtaga nisbatan kuch momentining vektori teng	$\overline{M}_0(\overline{F}) = \overline{r} \times \overline{F}$	$\overline{M}_0(\overline{F}) = F \times r$	$\overline{M}_0(\overline{F}) = \overline{F} \times r$	$\overline{M}_0(\overline{F}) = F \times \overline{r}$
Nuqtaga nisbatan kuch momentining birligi teng	Nm.	Kgm.	N/m	$N^2 m$
O‘qqa nisbatan kuch momenti nolga teng, agar	Kuch o‘qqa parallel bo‘lsa	Kuch o‘qqa perpendikulyar bo‘lsa	O‘q bilan 45^0 li burchak hosil qilsa	O‘q bilan 60^0 li burchak hosil qilsa
Kuch deb nimaga aytiladi?	Jismlarning bir-biriga ta'sirining miqdor o‘lchovi	Jismlarning bir-biriga ta'sirini xarakterlamaydi	Skalyar, musbat kattalik	Skalyar , manfiy kattalik
Ekvivalent kuchlar sistemasi deb, quyidagiga aytiladi	Jismga ta'sirlari bir xil	Jismga ta'sirlari turlicha	Bosh momentlari teng	Bosh vektorlari teng
Teng ta'sir etuvchi kuch nimani ifodalaydi?	Kuchlar sistemasiga ekvivalent bo‘lgan kuchni	Kuchlar sistemasiga bog‘liq bo‘lmagan	Kuchlarning algebraik yig‘indisiga teng bo‘lgan kuchni	Kuchlarning Ox o‘qidagi proeksiyasini
Kesishuvchi kuchlar	Kuch ko‘pburchagi	kuchlarning	kuchlarnin	kuch

sistemasi muvozanatda bo‘ladi, agar…	**yopiq bo‘lsa**	**algebraik yig‘indisi nolga teng bo‘lsa**	**g Ox o‘qidagi proeksiyasi nolga teng bo‘lsa**	**ko‘pburchagi ochiq bo‘lsa**
Kuch ko‘pburchagi yopiq bo‘lsa,	**Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘ladi**	**Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lmaydi**	**Kesishuvchi kuchlar sistemasiga bog‘liqligi yo‘q**	**Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi bo‘ladi**
Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun	**Kuchlarning Dekart koordinati o‘qlaridagi proeksiyalari yig‘indisi har biri nolga teng bo‘lishi zarur va yetarli**	**Kuchlarning Dekart koordinati o‘qlaridagi proeksiyalari yig‘indisi har biri nolga teng bo‘lmaydi**	**Kuchlarning Dekart koordinati o‘qlaridagi proeksiyalari yig‘indisi har biri nolga teng bo‘lishi zarur emas**	**Kuchlarning Dekart koordinati o‘qlaridagi proeksiyalari yig‘indisi har biri nolga teng bo‘lishi yetarli emas**
Kuchning o‘qdagi proeksiyasi deb,	**Kuch modulining kuch bilan o‘qning musbat yo‘nalishi orasidagi burchagi kosinusi ko‘payt- masiga aytiladi**	**Kuch modulining kuch bilan o‘qning musbat yo‘nalishi orasidagi bur - chagi tangensi ko‘paytmasiga aytiladi**	**Kuch modulining kuch bilan o‘qning musbat yo‘nalishi orasidagi burchagi sinusi ko‘paytmasiga aytiladi**	**Kuch modulining kuch bilan o‘qning manfiy yo‘nalishi orasidagi burchagi kosinusi ko‘paytmasiga aytiladi**
Kuchlar sistemasining bosh vektori deb	**Kuchlarning geometrik yig‘indisiga aytiladi**	**Kuchlarning algebraik yig‘indisiga aytiladi**	**Kuchlarning algebraik yig‘indisiga teskari yo‘nalgan kuchga aytiladi**	**Kuchlarning geometrik yig‘indisiga teskari yo‘nalgan kuchga aytiladi**
Juft kuch moment vektori	**Juft tekisligiga perpendikulyar vektor**	**Juft tekisligiga parallel vektor**	**Juft tekisligida yotuvchi vektor**	**Juft kuchlar yo‘nalishi bo‘yicha yo‘nalgan vektor**

Fazodagi juft kuchlarni qo‘shish uchun	**Momentlarining geometrik yig‘indisini hisoblaymiz**	**Momentlarining algebraik yig‘indisini hisoblaymiz**	**Momentlarining arifmetik yig‘indisini hisoblaymiz**	**Momentlarining ayirmalarini hisoblaymiz**
Fazodagi kuchlar sistemasi nimaga ekvivalent	**Bosh vektorga teng bitta kuch bilan momenti bosh momentga teng bitta juft kuchga**	**Bosh vektorga teng bittagina kuchga**	**Momenti bosh momentga teng bittagina juft kuchga**	**Juft kuch momentiga**
Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun	**Kuchlarning Dekart koordinata o‘qlaridagi proeksiyalari yig‘indisi nolga teng va shu o‘qlarga nisbatan momentlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarli**	**Kuchlarning faqat Dekart koordinati o‘qlaridagi proeksiyalari yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarli**	**Kuchlarning Dekart koordinati o‘qlariga nisbatan momentlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarli**	**Hamma vaqt bosh vektori ham bosh momenti ham nolga teng bo‘lmaydi**
Bog‘lanish deb nimaga aytiladi	**Berilgan jismning harakatini cheklovchi sababga**	**Berilgan jism bilan bir yo‘nailshda harakatlanadigan jism**	**Berilgan jismga qarama-qarshi yo‘nalishda harakatlanadigan jism**	**Tinch holatda bo‘lgan har qanday jism**
Bog‘lanishdan bo‘shatish prinsipi	**Bog‘lanishning berilgan jismga ta'sirini reaksiya kuchlari bilan almashtirib har qanday jismni erkin jism deb qarash mumkin**	**Jism harakatini o‘rganishda bog‘lanishlar hisobga olinmaydi**	**Jism muvozanatini aniqlashda bog‘lanishlar reaksiya kuchlari qatnashmaydi**	**Jism harakatini o‘rganishda bog‘lanishlar hisobga olinadi**
Agar jism sterjenlar vositasida bog‘langan bo‘lsa, sterjen reaksiya kuchlari qanday yo‘naladi?	**Sterjenlar bo‘ylab**	**Sterjenlarga perpendikulyar**	**Sterjenlarga ma'lum bir burchak ostida**	**Jismga ta'sir etuvchi kuchlarga bog‘liq**

Juft kuch deb qanday kuchlar sistemasiga aytiladi?	**Miqdorlari teng, parallel va qarama-qarshi yo‘nalgan,bir to‘g‘ri chiziqda yotmaydigan ikki kuchlar sistemasiga**	**Miqdorlari teng, parallel va bir yo‘nalishdagi ikki kuchlar sistemasiga**	**Miqdorlari teng bo‘lgan har qanday ikki kuchlar sistemasiga**	**O‘zaro parallel bo‘lgan har qanday ikki kuchlar sistemasiga**
Juft kuchning jismga ta'siri nima bilan aniqlanadi?	**Juft momenti**	**Juft tashkil etuvchi kuchlar miqdori**	**Juft yelkasi**	**Juft tekisligi**
Bir tekislikda joylashgan juft kuchlarning muvozanatda bo‘lish shartlari	**Berilgan juft kuchlar momentlarining algebraik yig‘indisi nolga teng**	**Berilgan juft kuchlar momentlarining ishoralari bir xil**	**Berilgan juft kuchlar momentlari ning miqdorlari bir xil**	**Berilgan juft kuchlar soni toq son**
Fazoda joylashgan juft kuchlar sistemasining muvozanatda bo‘lish shartlari	**Berilgan juft kuchlar moment vektorlarining geometrik yig‘indisi nolga teng**	**Berilgan juft kuchlar moment vektorlari o‘zaro parllel**	**Berilgan juft kuchlar moment vektorlari o‘zaro perpendikulyar**	**Berilgan juft kuchlar soni toq son**
Bir tekislikda joylashgan juft kuchlarning ekvivalentlik sharti	**Momentlari teng va aylanish yo‘nalishlari bir xil**	**Momentlari teng va aylanish yo‘nalishlari qarama-qarshi**	**Momentlari teng**	**Aylanish yo‘nalishlari bir xil**
Fazoda joylashgan juft kuchlarning ekvivalentlik shartlari	**Moment vektorlari miqdorlari teng va yo‘nalishlari bir xil**	**Moment vektorlari miqdorlari teng va yo‘nalishlari qarama-qarshi**	**Moment vektorlari miqdorlari teng**	**Moment vektorlari yo‘nalishlari bir xil**
Berilgan juft kuchni nima bilan muvozanatlash mumkin?	**Momenti berilgan juft momentiga teng, aylanish yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘lgan juft kuch**	**Momenti berilgan juft momentiga teng, aylanish yo‘nalishi bir xil bo‘lgan juft kuch**	**Miqdori berilgan juftni tashkil etuvchi kuchlar miqdoriga teng bo‘lgan bita kuch**	**Miqdori berilgan juftni tashkil etuvchi kuchlar miqdoriga teng bo‘lgan ikkita kuch**

Kuchning berilgan nuqtaga nisbatan moment vektori qanday yo‘nalgan?	**Kuchning ta'sir chizig‘i va berilgan nuqtadan o‘tuvchi tekislikka perpendikulyar**	**Kuchning ta'sir chizig‘iga berilgan nuqtadan o‘tuvchi tekislikka parallel**	**Berilgan nuqtani kuch qo‘yilgan nuqta bilan tutashtiruvchi kesmaga parallel**	**Kuchga parallel**
Kuchning nuqtaga nisbatan momenti o‘z ta'sir chizig‘i bo‘ylab ko‘chirganda o‘zgaradimi?	**O‘zgarmaydi**	**O‘zgaradi**	**Moment miqdori ortadi**	**Moment miqdori kamayadi**
Qaysi bir holatda kuchning berilgan nuqtaga nisbatan momenti nolga teng bo‘ladi	**Kuchning ta'sir chizig‘i berilgan nuqtadan o‘tsa**	**Kuchning ta'sir chizig‘i berilgan nuqtadan o‘tmasa**	**Faqat kuch miqdori nolga teng bo‘lganda**	**Kuchning ta'sir chizig‘i va berilgan nuqta bir tekislikda joylashgan bo‘lsa**
Kuchning berilgan nuqtaga nisbatan yelkasi deb nimaga aytiladi?	**Berilgan nuqtadan kuchning ta'sir chizig‘iga tushirilgan perpendikulyar kesmaga**	**Berilgan nuqtani kuch qo‘yilgan nuqta bilan tutashtiruvchi kesmaga**	**Uzunligi kuch miqdoriga teng bo‘lgan kesmaga**	**Berilgan nuqtani kuch ta'sir chizig‘ida olingan biror nuqta bilan tutashtiruvchi nuqta**
Juft kuchni jismga ta'sirini o‘zgartirmay qanday ko‘chirish mumkin?	**Parallel tekislikka**	**Perpendikulyar tekislikka**	**Ixtiyoriy tekislikka**	**Ko‘chirish mumkin emas**
Erkin qattiq jism deb shunday jismga aytiladiki:	**Fazoda ixtiyoriy ravishda harakatlanadigan jism**	**Fazoda aniq qonun asosida harakatlanadigan jism**	**Fazoda muvozanat holatidagi jism жисм**	**Fazoda to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qiladigan jism**
Bitta nuqtaga qo‘yilgan ikkita $\overline{F_1}$ va $\overline{F_2}$ kuchlar orasidagi burchak α bo‘lsa, ular teng ta'sir etuvchisining moduli topilsin.	$R=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1\cdot F_2\cdot\cos\alpha}$	$R=F_1+F_2$	$R=F_1+F_2$	$R=\sqrt{F_1^2+F_2^2-2F_1\cdot F_2\cdot\cos\alpha}$

Kuch qanday yo‘nalganda Ox o‘qidagi proeksiyasi nolga teng.	**Ox o‘qiga perpendikulyar bo‘lsa**	**Ox o‘qiga parallel bo‘lsa**	**Ox o‘qi bilan o‘tkir burchak hosil qilsa**	**Ox o‘qi bilan o‘tmas burchak hosil qilsa**
Tekislikdagi kuchlar sistemasining bosh vektorining modulini topish	$R=\sqrt{(\sum F_{kx})^2+ +(\sum F_{ky})^2}$	$\overline{\boldsymbol{R}}=\sum\overline{\boldsymbol{F}}_{\boldsymbol{k}}$	$R_x=\sum F_{kx}$ $R_Y=\sum F_{ky}$	$R=\sqrt{F_1^2+F_2^2+ +2F_1\cdot F_2\cdot\cos\alpha}$
Kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?	**Jismga qo‘yilgan** $\overline{F}_1,\overline{F}_2,\cdots,\overline{F}_n$ **kuchlar to‘plamiga.**	**Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlarga**	**Yig‘indisi noldan katta kuchlar to‘plamiga**	**Bir necha kuchlar to‘plamiga**
Nuqtaga nisbatan kuch momenti modulining to‘g‘ri qiymati ko‘rsatilsin	$M_0(\overline{F})=\pm F\cdot h$	$M_0(\overline{F})=\sum F_{yz}$	$M_0(\overline{F})=\bar{r}\ x\ \overline{F}$	$M_0(\overline{F})=\overline{F}\ h$
Qanday kuch teng ta'sir etuvchi deyiladi	**Mazkur kuchlar sistemasiga ekvivalent bitta kuch**	**Jismning biror nuqtasiga qo‘yilgan kuch**	**Mazkur kuchlar sistemasini muvozanatlovchi kuch**	**Sistema kuchlari - ning algebraik yig‘indisiga teng kuch.**
Kuch qanday faktorlar bilan aniqlanadi?	**Kuchning qo‘yilish nuqtasi,moduli,yo‘nalishi bilan.**	**uchning moduli.**	**Kuchning yo‘nalishi**	**Kuchning qo‘yilish nuqtasi.**
Tekislikda ixtiyoriy yo‘nalgan kuchlar sistemasi uchun muvozanat tenglamasi ko‘rsatilsin.	$\sum_{k=1}^{n}F_{kx}=0$ $\sum_{k=1}^{n}F_{ky}=0$ $\sum_{k=1}^{n}M_0(\overline{F}_k)=0$	$\sum_{k=1}^{n}F_{kx}=0$ $\sum_{k=1}^{n}F_{ky}=0$ $\sum_{k=1}^{n}F_{kz}=0$	$\sum_{k=1}^{n}F_{kx}=0$ $\sum_{k=1}^{n}M_0(\overline{F}_k)=0$	$\sum_{k=1}^{n}F_{ky}=0$ $\sum_{k=1}^{n}M_0(\overline{F}_k)=0$
Muvozanatni o‘zgartiruvchi sabab nima?	kuch	tezlik	tezlanish	massa

Kuch biror o‘qqa parallel bo‘lganda shu o‘qqa nisbatan momenti nimaga teng?	0	1	-1	∞
Oz o‘qiga nisbatan kuch momentining analitik ifodasi ko‘rsatilsin.	$m_z(\overline{F}) = xF_y - yF_x$	$m_z(\overline{F}) = np_{0z}\overline{m}_0(\overline{F})$	$m_z(\overline{R}) = \sum m_z(\overline{F}_k)$	$(\overline{F}) = F_x\bar{i} + F_y\bar{j}$ - $\bar{k}$
Fazodagi kuchlar sistemasining bosh vektor modulini topish formulasini ko‘rsating	$R = \sqrt{(\sum F_{kx})^2 + (\sum F_{kx})^2 + (\sum F_{kx})^2}$	$R = \sum F_{ky}$	$R = \sqrt{F_2^1 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$.	$R = \sum F_{kx}$
Absolyut qattiq jism deb nimaga aytiladi?	**Kuchlar ta'sirida ikki nuqtasi orasidagi masofa o‘zgarmaydigan jism.**	**Og‘irligi kamroq jism.**	**Balandlikdan tez tushadi-gan jism.**	**O‘lchamlari kichik jism.**
Agar fazoda berilgan kuchlar sistemasi Oz o‘qiga parallel bo‘lsa, bu kuchlar sistemasi uchun muvozanat tenglamasini ko‘rsating.	$\sum F_{kz} = 0$; $\sum m_x(\vec{F}_k) = 0$; $\sum m_y(\vec{F}_k) = 0$;	$\sum F_{kz} = 0$; $\sum m_y(\vec{F}_k) = 0$; $\sum m_z(\vec{F}_k) = 0$;	$\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum m_z(\overline{F}_k) = 0$;	$\sum m_z(\overline{F}_k) = 0$ $\sum F_{kx} = 0$ $\sum F_{ky} = 0$
Fazodagi kesishuvchi kuchlar sistemasi uchun muvozanat tenglamasi ko‘rsatilsin.	$\sum F_{kx} = 0$ $\sum F_{ky} = 0$ $\sum F_{kz} = 0$	$\sum \vec{F}_k = 0$; $\sum \vec{m}_0(\vec{F}_k) = 0$	$\vec{R} = 0$ $\vec{M}_0 = 0$	$\sum F_{kx} = 0$ $\sum F_{ky} = 0$ $\sum m_z(\overline{F}_k) = 0$
Ixtiyoriy yo‘nalgan kuchlar sistemasining bosh vektori formulasi ko‘rsatilsin.	$\vec{R} = \sum \vec{F}_k$	$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$	$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$	$R = \sqrt{F_1^2 - F_2^2 + F_3^2}$
Statikaning asosiy tushunchalari	**Kuch, absolyut qattiq jism, kuchlar**	**Tezlik,tezlanish.**	**Traektoriya,**	**Harakat**

nimadan iborat?	**sistemasi.**	**.**	**egrilik radiusi.**	**qonunlari**
Kesishuvchi kuchlar sistemasini bitta kuch bilan almashtirish mumkinmi?	***Mumkin**	**Mumkin emas**	**Qo‘shilgan jufti bilan birgalikda mumkin**	**Juft kuch bilan almashtirish mumkin**
Jismning kuchlar ta'sirida muvozanatini fanning qaysi bo‘limida o‘rganiladi?	**Statika**	**Kinematika**	**Dinamika**	**Analitik mexanika**
Fazodagi juft kuchlarga ekvivalent juft kuch mom- enti qanday aniqlanadi?	$\overline{M} = \overline{M}_1 + \overline{M}_2 + + \overline{M}_3 + \ldots + \overline{M}_n$	$\overline{M} = M_1 + M_2 + M_3$	$\overline{M} = \overline{M}_1^2 + \overline{M}_2^2 - 2M_1M_2 \cdot \cos\alpha$	$M = \sqrt{M_1^3 + M_2^2 + 2M_1M_2}$
Bir to‘g‘ri chiziqda yotmaydigan, bir tekislikda yotuvchi miqdorlari teng yo‘nalishlari qarama-qarshi o‘zaro parallel ikki kuch qanday kuchlar turkumiga kiradi?	**juft kuch**	**O‘zaro parallel kuchlar**	**Muvozanatlashgan kuchlar**	**Teng ta'sir etuvchi kuch**
Kuch qanday kattalik?	**Vektor.**	**Skalyar**	**Miqdoriy.**	**Yo‘nalishli**
Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlarni berilgan markazga keltirish natijasida umumiy holda nima hosil bo‘ladi?	**Bosh vektor va bosh moment**	**Bosh moment**	**Bosh vektor**	**Teng ta'sir etuvchi kuch**
Fazodaixtiyoriyjoylashgankuchlarniberilganmarkazgakeltirishnatijasidaumumiyholdanimahosilbo‘ladi?	**Bosh vektor va bosh moment**	**Bosh moment**	**Bosh vektor**	**Teng ta'sir etuvchi kuch**
Kuchning jismga ta'siri qanday asosiy faktorlar bilan aniqlanadi?	**Kuchning miqdori, yo‘nalishi va qo‘yilgan nuqtasi bilan**	**Kuchning miqdori va qo‘yilgan nuqtasi bilan**	**Kuchning yo‘nalishi va qo‘yilgan nuqtasi bilan**	**Kuchning miqdori va yo‘nalishi bilan**
Kuchni ta'siri chizig‘i bo‘ylab bir	**Kuchning jismga ta'siri o‘zgarmaydi.**	**Kuchning jismga ta'siri miqdor**	**Kuchning jismga**	**Momenti o‘zgaradi**

nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko‘chir sak, kuchning jismga ta'siri o‘zgaradimi ?		**jihatdan o‘zgaradi**	**ta'siri yo‘nalishi jihatdan o‘zgaradi**	
Nuqtaning berilgan traektoriya bo‘ylab harakat qonuni deb nimaga aytiladi	**Nuqtaning sanoq sistemasiga nisba- tan holati bilan vaqt orasidagi boglanish**	**Nuqtaning bosib o‘tgan yo‘liga**	**Nuqtaning yo‘lni bosib o‘tish uchun ketgan vaqtiga**	**Harakat tenglamasi ning birinchi tartibli xosilasiga**
Nuqta harakati vektor usulda berilganda harakat qonuni qanday ifodalanadi?	$\bar{r} = \bar{r}(t)$	$\tilde{o} = \tilde{o}(t)$; $\acute{o} = \acute{o}(t)$; $z = z(t)$.	$s = s(t)$	$\varphi = \varphi(t)$
Nuqta harakati koordinatalar usulida berilganda harakat tenglamalari qanday ifodalanadi	$x = x(t)$; $y = y(t)$; $z = z(t)$.	$\bar{r} = \bar{r}(t)$	$s = s(t)$	$\varphi = \varphi(t)$
Nuqta harakati tabiiy usulida berilganda harakat tenglamalari qanday ifodalanadi	$s = s(t)$	$x = x(t)$; $y = y(t)$; $z = z(t)$.	$\bar{r} = \bar{r}(t)$	$\varphi = \varphi(t)$
Kinematikada nuqta harakati qanday usullar vositasida beriladi?	**Vektor usuli, tabiiy usul va koordinatalar usuli**	**Geometrik usullar**	**Analitik usullar**	**Matematik usullar**
Kinematika bo‘limida jismlarning harakatini tekshirishda nimalar hisobga olinmaydi?	**Massa va kuch**	**Yo‘l va vaqt**	**Kucar sistemasi**	**Teng ta'sir etuvchi**
Nuqta harakati vektor usulda berilganda tezlik vektori qanday	$\bar{v} = \dfrac{d\bar{r}}{dt}$	$\bar{v} = d\bar{r} \times \bar{r}$	$\bar{v} = \dfrac{ds}{dt}$	$\bar{v} = d\bar{r} \times dt$
Mexanik harakat nima?	**Jismning biror boshqa bir jismga nisbatan vaziyati -ning o‘zgarishi**	**Vaqt birligida bosib o‘tgan masof**	**Nuqta harakati -ning yo‘nalishini aniqlovchi katta -lik**	**Nuqta xolatini ifodalovchi kattalik**
Nuqtaning tezlanishi nima?	**Tezlikning miqdor va yo‘na- lish jixatdan o‘zga- rishini ifodalovchi kattalik**	**Vaqt birligida tezlik vektori modulining o‘zgarishi**	**Vaqt birli- gida nuqta harakati yo‘nalishi o‘zgarishi**	**Nuqta holatini aniqlovchi vektor**

Nuqtaning berilgan vaqtdagi tezligi qanday yo‘nalgan	**Traektoriyaga urinma bo‘ylab**	**Traektoriyaga normal bo‘ylab**	**Radius vektor bo‘ylab**	**Radius vektorga perpendik ulyar**
Nuqtaning radius – vektori bilan tezlik vektori orasida qanday bog‘lanish bor?	$\bar{v} = \dfrac{d\bar{r}}{dt}$	$\bar{v} = \bar{r} - \bar{r}_0$	$\bar{r} = \dfrac{d\bar{v}}{dt}$	$\bar{r} = \bar{v} - \bar{v}_0$
Nuqta tezlik vektorining koordinata o‘qlariga proeksiyalari nimaga teng?	$v_x = dx/dt,$ $v_y = dy/dt$ $v_z = dz/dt$	$v_x = x - x_0,$ $v_y = y - y_{0,}$ $v_z = z - z_0$	$v_x = V_x + v_{ox}$ $v_y = V_y + v_{oy}$ $v_z = V_z + v_{oz}$	$v_x = x$ $v_y = y$ $v_z = z$
Nuqtaning radius-vektori bilan tezlanish vektori orasida qanday bog‘lanish bor?	$\bar{a} = \dfrac{d^2\bar{r}}{dt^2}$	$\bar{a} = \sqrt{x^2 + y^2}$	$\bar{a} = \dfrac{d^2x}{dt^2} + \dfrac{d^2y}{dt^2}$	$\bar{a} = \dfrac{d^2z}{dt^2}$
Qanday o‘qlar tabiiy o‘qlar deb ataladi	**Nuqta bilan bir - galikda harakat-lanuvchi o‘qlar**	**Traektoriyada ixtiyoriy nuqtada bo‘lgan o‘qlar**	**Traektoriya ning berilgan nuqtasi -da olingan Dekart koordinata o‘qlari**	**Qutb koordinata lar sistemasi**
Nuqta qanday harakat qilganda uning urinma tezlanishi nolga teng	**Tekis harakat**	**Egri chiziqli harakat**	**Tekis o‘zgaruvchi harakat**	**To‘g‘ri chiziqli harakat**
Urinma tezlanish tezlikning nima jixatdan o‘zgarishini ifodalaydi?	**Miqdor jixatdan**	**Yo‘nalish jixatdan**	**Yo‘nalish va miqdor jixatdan**	**Vektor jixatdan**
Normal tezlanish tezlikning nima jixatdan o‘zgarishini ifodalaydi?	**Yo‘nalish jixatdan**	**Yo‘nalish va miqdor jixatdan**	**Vektor jixatdan**	**Miqdor jixatdan**
Egri chiziqli tekis harakat tenglamasini ko‘tsating.	$s = s_0 + v_0 t$	$s = s_0 + v_0^2 t^3$	$s = v_0^2 t$	$s = s_0 + t^3$
To‘g‘ri chiziqli tekis harakatda tezlanish nimaga teng?	0	1	-1	**Ixtiyoriy musbat songa**

Egri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakat tenglamasini ko‘rsating.	$x = x_0 + v_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}$	$x = x_0 + vt$	$x = x_0 + \frac{vt^2}{2}$	$x = \frac{vt}{2}$
Qattiq jismning qanday harakati ilgarilanma harakat deyiladi	Jismda olingan har qanday kesma harakat davomida doimo o‘zining boshlang‘ich hola -tiga parallel ravish da harakatlansa	Jism harakati davomida jismning biror nuqtasi doimo qo‘zg‘almas bo‘lib qolsa	Jism harakati davomida jismning ikkita nuqtasi doimo qo‘zg‘almas dan qoladigan bo‘lsa	Barcha nuqtalari biror qo‘zg‘alma s tekislikka parallel tekislanga nda harakatlan sa
Qattiq jismning qanday harakati tekis -parallel harakat deyiladi	Barcha nuqtalari biror qo‘zg‘almas tekislikka parallel tekislanganda harakatlansa	Jism harakati davomida jismning biror nuqtasi doimo qo‘zg‘almas bo‘lib qolsa	Jism harakati davomida jismning ikkita nuqtasi doimo qo‘zg‘almas dan qoladigan bo‘lsa	Jismda olingan har qanday kesma xarakat davlmida doimo o‘zining boshlang‘i ch holatiga parallel ravishda harakatlan sa
Qattiq jismning qanday harakati qo‘zg‘alms o‘q atrofidagi aylanma harakat deyiladi	Jism harakati davomida jismning ikkita nuqtasi doimo qo‘zg‘almasdan qoladigan bo‘lsa	Jism harakati davomida jismning biror nuqtasi doimo qo‘zg‘almas bo‘lib qolsa	Jismda olingan har qanday kesma xarakat davlmida doimo o‘zining boshlang‘ich holatiga parallel ravishda	Barcha nuqtalari biror qo‘zg‘alma s tekislikka parallel tekislikda harakatlan sa
Qattiq jismning qanday harakati qo‘zg‘alms nuqta atrofidagi aylanma harakat deyiladi	Jism harakati davomida jismning birgina nuqtasi doimo qo‘zg‘almas bo‘lib qolsa	Jismda olingan har qanday kesma xarakat davlmida doimo o‘zining boshlang‘ich holatiga parallel ravishda qolsa	Jism harakati davomida jismning ikkita nuqtasi doimo qo‘zg‘almas dan	Barcha nuqtalari biror qo‘zg‘alma s tekislikka parallel tekislikda harakatlan sa

			qoladigan bo‘lsa	
Qattiq jismning tekis- parallel harakati tenglamasi qanday ko‘rinishda yoziladi?	$\varphi=\varphi(t)$ $x_C=f_1(t);$ $y_C=f_2(t).$	$x_C=f_1(t);$ $y_C=f_2(t);$ $z_C=f_3(t).$ c- og‘irlik markazi	$\varphi=\varphi(t)$ $x_C=f_1(t);$	$\varphi=\varphi(t)$ $\bar{r}=\bar{r}(t)$
Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi qanday ko‘rinishda yoziladi?	$\varphi=\varphi(t)$	$x_C=f_1(t);$ $y_C=f_2(t);$ $z_C=f_3(t).$ c- og‘irlik markazi	$\varphi=\varphi(t)$ $x_C=f_1(t);$ $y_C=f_2(t).$	$\varphi=\varphi(t)$ $\bar{r}=\bar{r}(t)$
Nuqtaning traektoriyasi ma'lum bo‘lsa, harakat qonunining qaysi usulidan foydalanish qulay	**Tabiiy usul**	**Koordinata usuli**	**Vektor usuli**	**Qutb koordinatalari usuli**
Jismning burchak tezligi nima	**Harakat qonunidan olingan birinchi tartibli hosila**	**Harakat qonunidan olingan ikkinchi tartibli hosila**	**O‘q atrofida 360^0 ga burilish**	**O‘q atrofida 360^0 ga burilish**
Jismning burchak tezlanishi nima	**Harakat qonunidan olingan ikkinchi tartibli hosila**	**Harakat qonunidan olingan birinchi tartibli hosila**	**O‘q atrofida 360^0 ga burilish**	**O‘q atrofida 360^0 ga burilish**
Jismning minutiga aylanishlar soni ma'lum bo‘lsa jismning burchak tezligi qanday aniqlan	$\omega=\frac{2\pi n}{60}$	$\omega=\frac{2\pi n}{90}$	$\omega=\frac{\pi n}{v}$	$\omega=\frac{\pi n}{45}$
Aylanma harakat qilayot- gan jism nuqtasining chiziqli tezligi qanday aniqlanadi	$V=\omega\cdot r$	$V=\overline{\omega}\cdot\overline{a}$	$V=\overline{\varepsilon}\cdot\overline{a}$	$V=\varepsilon\cdot R$
Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jism nuqtasining urinma tezlanishi qanday aniqlan	$a_\tau=\varepsilon\cdot r$	$a_\tau=\omega\cdot r$	$a_\tau=\omega^2\cdot r$	$a_\tau=\varepsilon^2\cdot r$
Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan qattiq	$a_n=\omega^2\cdot r$	$a_n=\varepsilon\cdot r$	$a_n=\omega\cdot r$	$a_n=\varepsilon^2\cdot r$

jism nuqtasining normal tezlanishi qanday aniqlanadi				
O‘z tekisligida harakat- lanayotgan tekis shaklning tezliklar oniy markazi deb nimaga aytiladi	**Berilgan ondagi tezligi nolga teng bo‘lgan nuqtasiga**	**Tezligi o‘zgarmas bo‘lgan nuqtasiga**	**Tezlanishi nolga teng bo‘lga n nuqta siga**	**Tezligi va tezlanishi teng bo‘lgan nuqta**
Harakat qonuni koordinata usulda berilganda tezlik qanday aniqlanadi?	$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2}$	$v=\sqrt{v_x+v_y+v_z}$	$v=v_x^2+v_y^2$	$v=v_x+v_y+v$
Harakat qonuni koordinata usulda berilganda tezlanish qanday aniqlanadi?	$a=\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2}$	$a=\sqrt{a_x+a_y+a_z}$	$a=a_x^2+a_y^2$	$a=a_x+a_y+a_z$
Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda tezlik qanday aniqlanadi?	$v=\frac{ds}{dt}$	$v=\frac{d^2s}{dt^2}$	$v=s_x+s_y$	$v=s_x^2+s_y^2$
Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda tezlanish qanday aniqlanadi?	$a=\sqrt{a_n^2+a_\tau^2}$	$a=\frac{ds}{dt}$	$a=s_x+s_y$	$a=(s_x+s_y)^2$
Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda normal tezlanish qanday aniqlanadi?	$a_n=\frac{v^2}{\rho}$	$a_n=\frac{ds}{dt}$	$a_n=\frac{d^2s}{dt^2}$	$a_n=a_x^2+a_y^2$
Harakat qonuni tabiiy usulda berilganda urinma tezlanish qanday aniqlanadi?	$a_\tau=\frac{d^2s}{dt^2}$	$a_\tau=\frac{ds}{dt}$	$a_\tau=a_x^2+a_y^2$	$a_\tau=a_x+a_y$
Qattiq jismning qo‘zg‘olmas o‘q atrofidagi aylanma harakat tenglamasini ko‘rsating.	$\varphi=f(t)$	$\varphi=f(x)$	$\varphi=f'(t)$	$\varphi=\frac{dx}{dt}$
Qattiq jismning qo‘zg‘olma o‘q atrofidagi aylanma harakatida burchak tezlikni ko‘rsating.	$\omega=\frac{d\varphi}{dt}$	$\omega=\frac{d^2\varphi}{dt^2}$	$\omega=\frac{dx}{dt}$	$\omega=\frac{d^2x}{dt^2}$
Tekis-parallel harakatdagi jismning A nuqtasi qutb bo‘lsa, ixtiyoriy M nuqtasining tezligini	$\bar{v}_M=\bar{v}_A+\bar{v}_{MA}$	$\bar{v}_M=\bar{v}_{MA}$	$\bar{v}_M=\bar{v}_A$	$\bar{v}_M=v_A+v_{MA}$

qutb usulida aniqlash formulasi ko'rsatilsin.				
Nuqtaning mutlaq harakati deb nimaga aytiladi?	**Nuqtaning qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati.**	**Nuqtaning qo'z-g'aluvchan koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati.**	**Nuqtaning biror qo'zg'aluvchan o'qqa nisbatan harakati.**	**Nuqtaning harakatlanuvchi jismga nisbatan harakati.**
Qattiq jismning qo'zg'olma o'q atrofidagi aylanma harakatida burchak tezlanishni ko'rsating.	$\varepsilon = \dfrac{d^2\varphi}{dt^2}$	$\varepsilon = \dfrac{d\varphi}{dt}$	$\varepsilon = \dfrac{dx}{dt}$	$\varepsilon = \dfrac{d^2x}{dt^2}$
Murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezligini aniqlash formulasi ko'rsatilsin.	$\bar{v}_a = \bar{v}_r + \bar{v}_e$	$\bar{v}_a = v_r + v_e$	$\bar{v}_a = \bar{v}_r - \bar{v}_e$	$\bar{v}_a = \bar{v}_0 + \bar{\omega} \times \bar{\tau}$
Harakat qonunini vektor usulida qanday ifodalaysiz?	**Radius vektorni vaqtning funksiyasi ko'rinishida.**	**Nuqta o'tgan yo'lining uzunligi orqali.**	**Nuqtadan OX o'qigacha bo'lgan masofa bilan.**	**Nuqtaning harakat yo'nalishini berish orqali.**
Harakat qonunini vektor usulida berilganda tezlik qanday aniqlanadi?	**Radius vektordan vaqt buyicha olingan birinchi tartibli hosila**	**Nuqtaning bir xil vaqt oralig'ida o'tgan yo'li.**	**Radius-vektorning xossalarini ifodalovchi miqdor.**	**Traektoriya yoyining ikki nuqtasi orasidagi miqdor.**
Tekis aylanma harakat tenglamasini ko'rsating.	$\varphi = \varphi_0 + \omega t$	$\varphi = \omega t^2$	$\varphi = \dfrac{d\omega}{dt}$	$\varphi = \omega_0 + \omega t$
Harakat qonunini koordinata usulida berilganda tezlikning moduli qanday aniqlanadi?	**Tezlikning o'qlardagi proeksiyalari kvadratlarining yig'indisidan olingan ildiz.**	**Nuqta koordinatlarining vaqt bo'yicha xosilasi.**	**Nuqta yurgan yo'lning vaqt birligidagi uzunligi.**	**Traektoriyaning vaqt birligiga to'g'ri kelgan uzunligi.**
Koriolis tezlanishi qachon nolga teng bo'ladi?	**Agar nuqta ko'chirma hara- kati ilgarilanma harakatdan iborat bo'lsa, yoki ko'-**	**Agar nuqta nisbiy harakatda ishtirok etmasa.**	**Agar nuqta ko'chirma harakatda egri chiziq**	**Agar nuqta ko'chirma harakati**

	chirma burchak tezlik nisbiy tezlik- ka parallel bo‘lsa.		bo‘yicha xarakatlansa.	tekis-parallel yoki sferik harakatdan iborat bo‘lsa.
Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligini aniqlovchi formulani ko‘rsating.	$\bar{v} = \frac{d\bar{r}}{dt}$	$\bar{v} = \frac{dr}{dt}$	$\bar{v} = \frac{ds}{dt}$	$\bar{v} = \sqrt{v^2{}_x + v^2{}_y}$
Koriolis tezlanish vektorini yo‘naltirish uchun nisbiy tezlikning perpendikulyar tekislikdagi proeksiyasini necha gradusga burish lozim.	90^0	45^0	30^0	60^0
Aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezlanish vektorini hisoblash formulasi ko‘rsatilsin.	$\vec{a} = \vec{a_\tau} + \vec{a_n}$	$\bar{a} = \bar{\omega} \times \bar{r}$	$\bar{a} = \bar{\varepsilon} \times \bar{r}$	$\vec{a} = 2(\vec{\omega} \cdot \vec{V_r})$
Harakatning tabiiy usulda berilishi:	Nuqtaning traektoriyasi va shu traektoriya bo‘ylab xarakat qonunini berish.	Nuqtaning fazodagi o‘rnini berish.	Harakatning koordinatalarini berish.	Nuqtaning tekislikdagi o‘rnini berish.
Nuqtaning harakati vektor usulida berilganda, uning harakat qonuniyati ko‘rsatilsin.	$\vec{r} = \vec{r}(t)$	$x = f_1(t);$ $y = f_2(t);$ $z = f_3(t).$	$r = r(t);$ $\varphi = \varphi(t).$	$\varphi = \varphi(t);$ $\psi = \psi(t);$ $\theta = \theta(t).$
Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakatda burchak tezlikni aniqlang.	$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$	$\omega = \frac{\varepsilon t^2}{2}$	$\omega = v_0 t + a\frac{t^2}{2}$	$\omega = a\frac{t^2}{2}$
Ilgarilanma harakatdagi jismning uqtalarining harakati qaysi qonunlarga bo‘ysunadi	Nuqta kinematika -sining qonunlariga	Tekis–parallel harakat qonunlariga	Murakkab harakat qonunlariga	Aylanma harakat qonunlariga

Agar nuqta tinch holatdan harakatni boshlagan bo‘lsa , uning tekis o‘zgaruv- chan harakat tengla - masini ko‘rsating.	$s=\frac{a_\tau t^2}{2}$	$s=vt$	$s=v_0t+a\frac{t^2}{2}$	$s=\frac{at+v_0}{2}$
Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat qonunini aniqlang.	$\varphi=\varphi_0+\omega_0 t+\frac{\varepsilon t^2}{2}$	$\varphi=\varphi_0+\omega t$	$\varphi=\omega t^2$	$\varphi=\frac{dx}{dt}$
Aylanma harakatda jism nuqtasining normal tezlanishi formulasini ko‘rsating.	$a_n=\omega^2 R$	$a_n=\varepsilon R$	$a_n=\frac{F}{m}$	$a_n=V^2\cdot R$
Murakkab harakatda absolyut tezlik vektori qanday aniqlanadi	$\bar{v}_a=\bar{v}_r+\bar{v}_e$	$\bar{v}_a=v_r+v_e$	$\bar{v}_a=v_r-v_e$	$\bar{v}_a=\bar{v}_r\times\bar{v}_e$
Tezlanish deb nimaga aytiladi?	**Tezlikning miq- dor va yo‘nalish jihatdan o‘zgari- shini ifoda- laydigan kattalik.**	**Traektoriyani xarakterlovchi miqdor.**	**Nuqta harakatini ifodalovchi miqdor.**	**Tezlik godografini xarakterlovchi miqdor.**
Harakatni koordinata usulida berilishi.	**Nuqtaning** x, y **va** z **koordinata -larini vaqtning funksiyasi sifatida berish.**	**Нуқтанинг фазодаги ўрнини аниқлаш.**	**Nuqtaning fazodagi o‘rnini aniqlash.**	**Фазода берилган ҳаракат йўналиши .**
Radius-vektor deb nimaga aytiladi	**Nuqtaning fazodagi o‘rnini bildiruvchi vektor kattalik.**	**Ikki nuqta orasidagi masofa.**	**Aylana radiusi.**	**Nuqtadan to‘g‘ri chiziqqacha bo‘lgan masofa.**
Tezlik vektori qanday yo‘nalishga ega?	**Traektoriyaga urinma bo‘yicha yo‘nalgan.**	**Traektoriya bo‘yicha yo‘nalgan**	**Radius - vektor bo‘yicha yo‘nalgan.**	**Normal o‘qi bo‘yicha yo‘nalgan.**
Ko‘chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo‘lganda mutlaq tezlanish vektori nimaga teng	$\bar{a}_a=\bar{a}_r+\bar{a}_e$	$\bar{a}_a=\bar{a}_r+\bar{a}_e$	$\bar{a}_a=a_r-a_e$	$\bar{a}_a=\bar{a}_r\times\bar{a}_e$
Nuqtaning mutlaq tezligi qaysi ifodadan aniqlanadi?	$\bar{V}_a=\bar{V}_r+\bar{V}_e$	$\bar{V}_a=\frac{dS}{dt}$	$\bar{V}_a=\frac{dx}{dt}$	$\bar{V}_a=\frac{dy}{dt}$

Ko'chirma harakat aylanma harakatdan iborat bo'lganda, mutlaq tezlanish formulasini aniqlang.	$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_k$	$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_k$	$\bar{a}_a = \bar{a}_r + \bar{a}_k$	$\bar{a}_a = \bar{a}_e + \bar{a}_r$
To'g'ri chiziqli tekis harakatda:	$a_n = 0; \quad a_\tau = 0;$ $a = 0.$	$a_n \neq 0; \quad a_\tau \neq 0;$ $a \neq 0.$	$a_n = 0; \quad a_\tau \neq 0;$ $a \neq 0.$	$a_n \neq 0; \quad a_\tau = 0;$ $a \neq 0.$
To'g'ri chiziqli harakatda egrilik radiusi teng.	$\rho = \infty$	$\rho = 0$	$\rho = 1$	$\rho = 2$
Egri chiziqli tekis harakatda	$a_\tau = 0$ $a = a_n$	$a_\tau \neq 0$ $a = a_x + a_y$	$a_\tau = 0$ $a = a_x + a_y$	$a_\tau \neq 0$ $a = a_\tau + a_n$
Tekis aylanma harakatda:	$\omega = const$	$\omega = 0$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$	$\omega = \varepsilon t$
Ko'chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo'lsa, mutlaq tezlanish qanday ifodalanadi?	$\bar{a}_a = \bar{a}_r + \bar{a}_e$	$\bar{a}_a = \bar{a}_n + \bar{a}_\tau$	$\bar{a}_a = \bar{a}_k + \bar{a}_e$	$\bar{a}_a = \bar{a}_r + \bar{a}_k$
To'g'ri chiziqli harakatda egrilik radiusi	$\rho = \infty, a = a_\tau;$	$\rho = 0, a = 0;$	$\rho \neq 0, a = a_n;$	$\rho = R, a = \omega^2 R.$
Klassik mexanikaning birinchi qonunini(inersiya qonuni)ta'riflang	**Tashqi ta'sirdan tanholangan moddiy nuqtaga kuch ta'sir etmaguncha, o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi;**	**Moddiy nuqtaning kuch ta'siridan olgan tezlanishi shu kuch bilan bir yo'nalishda bo'lib, miqdori kuch miqdoriga proporsionaldir;**	**Har bir ta'sir o'ziga teng va qarama-qarshi yo'nalishdagi aks ta'sirni vujudga keltiradi;**	**Moddiy nuqtaning bir nechta kuchlar ta'sirida olgan tezlanishi har bir alohida ta'siridan olgan tezlanishlarining geometrik yig'indisiga teng;**

Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglama larining tabiiy o‘qlardagi proeksiyasi teng	$m\frac{dv}{dt}=F_\tau;$ $m\frac{v^2}{\rho}=F_n;$ $0=F_b.$	$m\ddot{x}=F_x;$ $m\ddot{y}=F_y;$ $m\ddot{z}=F_z.$	$m\ddot{x}=N_x;$ $m\ddot{y}=N_y;$ $m\ddot{z}=N_z.$	$m\ddot{x}=F_x+N_x;$ $m\ddot{y}=F_y+N_y;$ $m\ddot{z}=F_z+N_z.$
Moddiy nuqta dinamikasining ikkinchi asosiy masalasida ko‘riladi	***Nuqtaning massasi va nuqtaga ta’sir etuvchi kuchlar berilganda nuqta- ning kinematik harakteristikalari -ni aniqlash;**	**Nuqta harakati differensial tenglamalarini integrallash;**	**Nuqta harakati differensial tenglamalar ni tuzish;**	**Nuqtaning massasi va harakat qonuni berilganda harakatni vujudga keltiruvchi kuchni topish;**
Sanoq sistemasiga inersial sanoq sistemasi deyiladi, agarda...	**Inersiya qonuni o‘rinli bo‘lsa;**	**Sanoq sistemasi qo‘zg‘almas bo‘lsa;**	**Sanoq sistemasi qo‘zg‘aluvc hi bo‘lsa;**	**Inersiya qonuni o‘rinli bo‘lmasa**
Moddiy nuqtaning harakatida normal inersiya kuchinolga teng...	**To‘g‘ri chiziqli harakatda**	**Egri chiziqli harakatda.**	**Tekis o‘zgaruvcha n harakatda;**	**Tekis harakatda.**
Dinamikaning birinchi qonuniga asosan, nolga ekvivalent kuchlar sistemasi bu ...	**Bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi tomonga yo‘nalishgan va qiymatlari teng kuchlar;**	**Yo‘nalishlari bir tomonga yo‘nal-gan, qiymatlari teng kuchlar;**	**O‘zaro perpendikul yar bo‘lgan iymatlari teng kuchlar.**	**Yo‘nalishl ari parallel, bir to‘g‘ri chiziqda yotmay-digan, qiymatlari teng kuchlar;**
Qaytaruvchi kuch deb aytiladi	**Nuqta koordina-tasining funksiyasi bo‘lib, muvozanat holatiga teskari tomon yo‘nalgan kuchga;**	**Nuqta koordina-tasining funksiyasi bo‘lib, muvoza- nat holati tomon yo‘nalgan kuchga**	**Nuqta tezligi kvadratiga proporsiana l bo‘lib muvozanat holati tomonga teskari yo’nalgan kuch.;**	**Nuqta tezligi funksiyasi bo‘lib muvozanat holati tomonga yo‘nal- gan kuch.**
Erkin tebranma harakat differensial tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega	$\ddot{x}+\kappa^2x=0$	$\ddot{x}+2n\dot{x}+\kappa^2x=0$	$\ddot{x}+2n\dot{x}=0$	$\ddot{x}+\dot{x}+\kappa^2x=0$
Klassik mexanikaning ikkinchi qonunini (asosiy qonuni) ta’riflang	**Moddiy nuqtaning kuch ta’siridan olgan tezlanishi shu kuch bilan bir yo‘nalish- da bo‘lib, miqdori kuch**	**Har bir ta’sir o‘ziga teng va qarama- qarshi yo‘nalishdagi aks ta’sirini**	**Tashqi ta’sirdan tanxolangan moddiy nuqtaga**	**Moddiy nuqtaning bir nechta kuchlarta’ siridan**

	miqdoriga proporsionaldir;	**vujudga keltiradi;**	**kuch ta’sir etmaguncha o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi**	**olgan tezlanishi har bir kuchning alohida ta’siridan olgan tezlanishlarining geometrik yig‘indisiga teng.**
Moddiy nuqta harakati differensial tenglamalari- ning Dekart koordinata- lari o‘qlaridagi proeksiya- lari teng	$m\ddot{x} = F_x;$ $m\ddot{y} = F_y;$ $m\ddot{z} = F_z.$	$m\frac{dv}{dt} = F_t;$ $m\frac{v^2}{\rho} = F_n;$ $0 = F_b$	$m\ddot{x} = N_x;$ $m\ddot{y} = N_y;$ $m\ddot{z} = N_z.$	$m\ddot{x} = F_x + N_x;$ $m\ddot{y} = F_y + N_y;$ $m\ddot{z} = F_z + N_z.$
Moddiy nuqta dinamikasining birinchi asosiy masalasida ko‘riladi	**Nuqtaning massasi va harakat qonuni berilganda harakatni yuzaga keltiruvchi kuchni topish.**	**Nuqta harakati differensial tenglamalarini tuzish;**	**Nuqta harakati differensial tenglamalarini integrallash;**	**Nuqtaning massasi va nuqtaga ta’sir etuvchi kuchlar berilganda nuqta- ning kinematik harakteristikalari-ni aniqlash;**
Mexanik sistemaning berilgan markazga nisbatan harakat miqdori momenti (kinetik momenti)ni hisoblash formulasi ko‘rsatilsin.	$\overline{L}_0 = \sum_{k=1}^{n} \vec{r}_k \times m_k\vec{V}_k = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(m_k\vec{V}_k)$	$\overline{L}_0 = \frac{1}{2}M\overline{V}_c^{\,2}$	$\overline{L}_0 = \frac{1}{2}1_z\omega^2$	$\overline{L}_0 = M\vec{V}_c$
Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamalarini integralashda hosil bo‘lgan o‘zgarmaslar (integral doimiylari) qiymatlari aniqlanadi	**Boshlang‘ich shartlardan.**	**Ta’sir etuvchi kuchlardan;**	**Harakat tenglamalaridan**	**Nuqta tezligi va tezlanishidan**
Moddiy nuqtaning harakatida urinma inersiya kuchinolga teng...	**Egri chiziqli tekis harakatida;**	**Tekis o‘zgaruv- chan harakatda**	**To‘g‘ri chiziqli harakatda;**	**Egri chiziqli harakatda.**
Moddiy nuqta kinetik energiyasi...	**Nuqta massasini -ng tezlik kvadrati- ga**	**Nuqta massasini tezlanish kvad-**	**Nuqta massasini**	**Nuqta massasini**

	ko‘paytmasini-ng yarmiga teng kattalik.	**ratiga ko‘payt-masining yarmi-ga teng kattalik;**	**tezligi kvadrati ko‘paytmasi ga teng kattalik;**	**tezlanish kvadrati ko‘paytma siga teng kattalik;**
Klassik mexanikaning uchinchi qonuni (ta’sir va aks ta’sir qonuni) ta’riflang	**Har bir ta’sir o‘ziga teng va qarama - qarshi yo‘nalishdagi aks ta’sirini vujudga keltiradi;**	**Moddiy nuqta -ning kuch ta’siridan olgan tezlanishi shu kuch bilan bir yo‘nalishda bo‘lib miqdori kuch miqdoriga proporsionaldir**	**Tashqi ta’sirdan tanxolangan moddiy nuqta kuch ta’sir etmaguncha o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi**	**Moddiy nuqtaning bir nechta kuchlar ta’sirida olgan tezlanishi har bir kuchning alohida ta’siridan olgan tezlanishla rining geometrik yig‘indisig a teng..**
Erksiz (bog‘lanishdagi) moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamalari teng...	$m\ddot{x} = F_x + N_x;$ $m\ddot{y} = F_y + N_y;$ $m\ddot{z} = F_z + N_z.$	$m\ddot{x} = F_x;$ $m\ddot{y} = F_y;$ $m\ddot{z} = F_z.$	$m\ddot{x} = N_x;$ $m\ddot{y} = N_y;$ $m\ddot{z} = N_z.$	$mx = F_x + N_x;$ $my = F_y + N_y;$ $mz = F_z + N_z.$
Rezonans hodisasi ro‘y beradi, agarda...	**Xususiy tebra -nishlar takrorligi va majburiy hara -kat takrorligiga teng bo‘lganda;**	**Xususiy tebra nishlar takrorligi majburiy hara-katga bog‘liq bo‘lmaganda;**	**Xususiy tebra-nishlarva majbu- riy tebranishlar amplitudala ri teng bo‘lganda;**	**Xususiy tebranishl ar amplitudas i nolga teng bo‘lganda.**
Sistema kinetik energiyasini hisoblash formulasini ko‘rsating.	$T = \sum_{k=1}^{n} \frac{1}{2} m_k V_k^2$	$T = \frac{1}{2} m V^2$	$T = m\,v$	$T = m\,a$
Sistemaning massalar markazining harakati haqidagi teorema ifodalanadi...	$M\ \vec{\alpha}_c = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^e$	$T_1 - T_0 = \sum_{r=1}^{n} A^e{}_k$	$\frac{d\vec{K}_0}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_o(\vec{F}^e{}_k)$	$\frac{d\overline{Q}}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k^e$
Sistema kinetik energiyasi o‘zgarishi haqidagi teorema ifodalanadi...	$T - T_o = \sum_{k=1}^{n} A_k^e + \sum_{k=1}^{N} A_k^i$	$\frac{d\vec{K}_0}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_0(\vec{F}_k^e)$	$\frac{d\vec{Q}}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \vec{F}_k^e$	$M\vec{a}_c = \sum_{k=1}^{n} \vec{F}_k^e$
Koriolis inersiya kuchini ifodalash formulasi.	$\overline{\Phi}_e = -m\,\overline{a}_\kappa$	$\overline{\Phi}_e = -m\,\overline{a}_e$	$\overline{\Phi}_e = -m\,\overline{a}_a$	$\overline{\Phi}_e = m\,\overline{a}_\kappa$
Quyida mexanik sistemaning harakat	$\sum m_k \vec{a}_k = \sum \vec{F}_k^e + \sum \vec{F}_k^i$		$\sum m_k \vec{a}_k = \sum \vec{F}_k^e$	$m\vec{a} = \vec{F}$

tenglamasi ko'rsatilsin.		$m_k\vec{a}_k = \vec{F}_k^e + \vec{F}_k^i (k = 1,2,\ldots, N)$		
Moddiy nuqtaning so'nuvchi tebranma harakati differensial tenglamasi ko'rsatilsin.	$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = 0$	$\ddot{x} + k^2 x = h\ (pt + \delta)$	$\ddot{x} + k^2 x = 0$	$\ddot{x} + k^2 x = \sin(pt)$
Sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremaning integral formasi qanday ifodalanadi?	$\overline{K} - \overline{K}_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{S}_k^e$	$\overline{K} = \int_0^t \overline{F}dt$	$\overline{K} = M\overline{V}_c$	$\frac{dK_x}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \overline{S}_k^e$
Sistema kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremani ko'rsating.	$\frac{d\overline{L}_0}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k^e)$	$\frac{d\overline{L}_0}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \overline{m}_0(\overline{F}_k^e)$	$\overline{L} - \overline{L}_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{S}_k^e$	$L - L_0 = \sum A_k^i + \sum A_k^e$
Qattiq jismning ilgarilanma harakatidagi kinetik energiyasini hisoblash formulasi qanday ifodalanadi?	$T = \frac{M}{2} V_c^2$	$T = MV_c^2$	$T = M\overline{a}_c$	$T = M\overline{V}_c$
Erkin moddiy nuqta harakat differensial tenglamasining vektorli ifodasi qanday?	$m\frac{d^2\overline{r}}{dt^2} = \overline{F}$	$\frac{d(m\overline{r})}{dt} = \overline{F}$	$m\frac{d\overline{r}}{dt} = F$	$m\overline{V} = \overline{F}$
Moddiy nuqta F=50 N kuch ta'sirida a=2,5 m/s² tezlanish bilan to'g'ri chiziqli harakatlanadi. Nuqtaning massasi aniqlansin.	$m = 20\ k\Gamma$	$m = 10\ k\Gamma$	$m = 12\ k\Gamma$	$m = 15\ k\Gamma$
Massalar markazi deb radius-vektori quyida- giga teng bo'lgan geometrik nuqtaga aytiladi	$\overline{r}_c = \frac{\sum \overline{r}_i m_i}{\sum m_i}$	$\overline{r}_c = \sum m_i \overline{r}_i$	$\overline{r}_c = \frac{\sum r_i m_i}{\sum m_i}$	$\overline{r}_c = \frac{\overline{r}_i m_i}{\sum m_i}$
Dinamikaning IIqonunini aniqlang.	$m\overline{a} = \overline{F}$	$m\overline{V} = \overline{F}$	$\overline{a} = m\overline{F}$	$m\overline{a} = -\overline{F}$
Og'irlik kuchining bajargan ishi	**Nuqtaning boshlang'ich va oxirgi vertikal bo'ylab yo'nalgan koordinatasiga bog'liq**	**Traektoriyaga bog'liq.**	**Yo'lning uzunligiga bog'liq.**	**Nuqtaning boshlang'ich va ohrgi gorizontal bo'ylab yo'nalgan koordinatasiga bog'liq.**

Erkin tebranma harakat qonuni ko‘rsatilsin.	$x = a\cos(kt+\alpha)$	$x = x_0 Sin\ kt$	$x = aSin(kt+\alpha)$	$x = \frac{V_0}{k} Sin\ kt$
Mexanik sistema kinetik momentining saqlanish qonuni qaysi holda o‘rinli?	$\overline{M}_0^e = 0$	$\overline{M}_0^i = 0$	$\overline{R}_0^e = 0$	$\overline{R}_0^i = 0$
Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipi quyidagicha ifodalanadi	$\overline{F} + \overline{N} + \overline{\Phi}^{ин} = 0$	$\overline{N} + \overline{\Phi}^{ин} = 0$	$\overline{F}^i + \overline{\Phi}^{ин} = 0$	$\overline{F}^e + \overline{\Phi}^{ин} = 0$
Jismning Oz **o’qqa nisbatan inersiya momentini ko‘rsating:**	$\frac{1}{2}\sum m_k (X_k^2 + Y_k^2)$	$M\overline{a}_c$	$M\rho^2$	$M\overline{V}_c$
Kuchning chekli ko‘chishda bajargan ishining harakat qonuni vektor usulida berilgandagi ifodasi	$* A = \int_{M_1}^{M_2} \overline{F}\, d\,\overline{r}$	$A = \int_{M_1}^{M_2} F\, d\, s \cos(\overline{F}\ v)$	$A = \int_{M_1}^{M_2} \overline{F}\,\overline{v}\, d\, t$	$A = \int \overline{F} \cdot d\,\overline{r}$
Ilgarilanma harakatdagi qattiq jismning inertligini ifodalovchi kattalik nima?	**Massa**	**Tezlanish;**	**Kuch;**	**Tezlik;**
Nisbiy harakat differensial tenglamasini aniqlang.	$m\overline{a}_r = \overline{F} + \overline{R} + \overline{\Phi}_e + \overline{\Phi}_к$	$m\overline{a}_r = \overline{F}$	$m\overline{a}_r = \overline{F} + \overline{R} + \overline{\Phi}_e$	$m\overline{a}_r = \overline{F} + \overline{R}$
Kuchning chekli ko‘chishda bajargan ishining harakat qonuni tabiiy usulida berilgan -dagi ifodasi.	$A = \int_{M_1}^{M_2} F\, d\, s \cos(\overline{F} \wedge \overline{v})$;	$A = \int F\, d\, s \cos(\overline{F}, v)$	$A = \int_{M_1}^{M_2} \overline{F}\, d\,\overline{r}$	$A = \int_{M_1}^{M_2} F\, d\, r$
So‘nuvchi tebranma harakat davri qanday hisoblanadi?	$* T_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{\kappa^2 - n^2}}$	$T_1 = \frac{2\pi}{n}$	$T_1 = \frac{2\pi}{\kappa^2}$	$T_1 = \frac{2\pi}{\kappa}$
Klassik mexanikaning to‘rtinchi qonuni (kuchlar ta’sirining o‘zaro mustaqillik	***Moddiy nuqta- ning bir nechta kuchlar ta’sirida olgan tezlanishi har bir kuchning alohida ta’siridan olgan tezlanish -larining geometrik yig‘indisiga**	**Tashqi ta’sirdan tanholangan moddiy nuqta kuch ta’sir etmaguncha o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli**	**Moddiy nuqtaning kuch ta’siridan olgan tezlanishi shu kuch bilan bir**	**Har bir ta’sir o‘ziga teng va qarama-qarshi yo‘nalishd agi aks**

qonuni).	**teng.**	**tekis harakatini saqlaydi;**	**yo‘nalishda bo‘lib,miq-dori kuch iqdoriga proporsionaldir**	**ta’sirni vujudga keltirdi ;**
Mexanik sistema uchun Dalamber prinsipi :	* $\overline{R}^e + \overline{R}^N + \overline{R}^\Phi = 0$ $\overline{M}_0^e + \overline{M}_0^N + \overline{M}_0^\Phi = 0$	$\overline{R}^e + \overline{R}^N + \overline{R}^\Phi = 0$	$\overline{R}^e + \overline{R}^\Phi 0$ $\overline{M}_0^e + \overline{M}_0^N = 0$	$\overline{M}_0^e + M_0^N + \overline{M}_0^\Phi = 0$
O‘zgaruvchi kuch qanday parametrlarga bog‘liq?	***Vaqtga, nuqta- ning holatiga, nuqtaning tezligiga**	**Nuqta tezlanisiga**	**Koriolis tezlanishga**	**Nisbiy tezlikka .**
Erkin tebranma harakat davri teng...	$*T = \frac{2\pi}{\kappa}$	$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\kappa^2 - n^2}}$	$T = \frac{2\pi}{n}$	$T = \frac{2\pi}{\kappa^2}$
Erkin tebranma amplitudasi teng:	* $a = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0}{k}\right)^2}$	$a = \sqrt{x_0 + \frac{v_0}{k}}$	$a = x_0 + \frac{v_0}{k}$	$a = x_0^2 + \frac{v_0^2}{k^2}$
Sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema qanday ifodalanadi?	* $M \cdot \vec{a}_c = \sum_{k=1}^{n} \vec{F}_k^e$	$T_1 - T_0 = \sum_{k=1}^{n} A_k^e$	$\frac{d\vec{Q}}{dt} =$ $\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_k^e$	$\frac{d\vec{K}_0}{dt} = \sum_{k=1}^{n} \vec{m}_o(\vec{F}_k^e)$
Bog‘lanishdagi moddiy nuqtaning Dekart koordinata o‘qlaridagi harakat differensial tenglamasi teng:	$m\ddot{x} = F_x + N_x,$ $m\ddot{y} = F_y + N_y,$ $m\ddot{z} = F_z + N_z$	$m\frac{dV}{dt} = F_\tau,$ $m\frac{V^2}{p} = F_n,$ $F_b = 0.$	$m\ddot{x} = F_x,$ $m\ddot{y} = F_y,$ $m\ddot{z} = F_z.$	$mV_x - mV_{ox} = S_x,$ $mV_y - mV_{oy} = S_y,$ $mV_z - mV_{oz} = S_z.$
Muhit qarshilik kuchi kichik bo‘lgan holda (k>n) so‘nuvchi tebranma harakat qonuniyati ko‘rsatilsin.	$x = ae^{-nt}\sin(k_1 t + \beta)$	$x = e^{nt}(c_1 + c_2 t)$	$x = e^{nt}(c_1 e^{k_1 t} + c_2 e^{-k_1 t})$ bu yerda $k_1 = \sqrt{n^2 - k^2}$	$x = a\sin(kt + \alpha)$

BAHOLASH MEZONLARI

“Назарий механика” фанининг жорий ва оралиқ назорат баллари ҳақида маълумот

1.Талабаларнинг амалиёт дарсларидан олган жорий назорат баллари ҳақида маълумот.

Ж.Н.баллари талабаларнинг амалиёт дарсларидаги ўзлаштиришларини ифодалайди.Ж.Н.баллари амалиёт ўқитувчилари томонидан белгиланади ва натижалари маъруза олиб борувчи ўқитувчига берилади.

"Назарий механипка" фанидан Ж.Н. баллари қуйидаги тартибда аниқланади:

№	Аудитория дарсларидан олган баллари (36 соатлик амалиётдан)	Хисоблаш –график ишларидан олган баллари (талаба 3 та иш бажаради)	Жами
1.	1 балл х18 хафта =18 балл	5+6+6= 17 балл	35 балл

№	Аудитория дарсларидан олган баллари (18 соатлик амалиётдан)	Хисоблаш –график ишларидан олган баллари (талаба 3 та иш бажаради)	Жами
1.	2 балл х 9 хафта =18 балл	5+6+6= 17 балл	35 балл

№	Аудитория дарсларидан олган баллари (54 соатлик амалиётдан)	Хисоблаш –график ишларидан олган баллари (талаба 3 та иш бажаради)	Жами
1.	1 балл х 9 хафта =9 балл 1+1=2 х 9 хафта =18 балл Жами: 18 хафтада 27 балл	2+3+3= 8 балл	35 балл

а)Амалиёт дарси 36 соатлик бўлса, Ж. Н. ҳар 9 хафтадан сўнг семестр давомида 2 маротаба натижаланади.
б) Амалиёт дарси 18 соатлик бўлса, Ж.Н. семестрнинг охирги хафтасида 1 маротаба натижаланади.

№	1-Ж.Н.		Жами	2-Ж.Н.		Жами	Жами
	Аудитория дарс- ларидан олган баллари	Хисоблаш – график ишларидан олган баллари		Аудитория дарс-ларидан олган баллари	Хисоблаш–график ишларидан олган баллари		
1.	9 балл	5 балл	14 балл	9 балл	12 балл	21 балл	35 балл

№	Ж.Н.		Жами
	Аудитория дарсларидан	Хисоблаш –график ишларидан	

	олган баллари	**олган баллари**	
1.	**18 балл**	**17 балл**	**35 балл**

в)Амалиёт дарси 54 соатлик бўлса, Ж. Н. ҳар 9 хафтадан сўнг семестр давомида 2 маротаба натижаланади.

№	**1-Ж.Н.**		**Жа ми**	**2-Ж.Н.**		**Жами**	**Жам и**
	Аудитория дарс- ларидан олган баллари	**Хисоблаш – график ишларидан олган баллари**		**Аудитория дарсларидан олган баллари**	**Хисоблаш– график ишларидан олган баллари**		
1.	**14 балл**	**2 балл**	**16 бал л**	**13 балл**	**6 балл**	**19 балл**	**35 балл**

“Назарий механипка” фанидан О.Н. баллари қуйидаги аниқланади:
О.Н. лар кафера мажлисининг қарорига асосан ёзма, тест шаклида ўтказилади. О.Н. ларни маъруза олиб борувчи ўқитувчиси ўтказади ва балларини белги- лайди. ОН маъруза дарсларининг ўқув режада белгиланган соатларига асосан 36 ва 54 соатлик учун 2 маротаба ва 18 соатлик учун 1 маротаба ўтказилади. Ёзма иш ёки тест ўтказиш учун тузилган вариантларга мустақил иш саволлари киритилиши шарт. “ Назарий механика ” фанидан оралиқ назорат вариантлари 36 соатлик учун 4 та саволдан, 54 соатлик учун 5 та саволдан ва 18 соатлик учун 6 та саволдан иборат бўлади.

Баллар тақсимоти:

№	**Дарс соатлари**	**Вариантлар бўйича баллар тақсимоти**		**Жами**
		1-ОН	**2-ОН**	
1.	**36 соат ва 54 соат**	**17 балл**	**18 балл**	**35 балл**
2.	**18 соат**	**ОН**		**35 балл**
		35 балл		

Фойдаланиладиган адабиётлар рўйхати

Асосий адабиётлар

1.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-1, 2013 y., - 204 p.
2.V.I. Szolga, «Theoretical mechanics», Berlin, part-2, 2013 y., -261 p.
3. A. Ruina, R. Pranap, «Introduction to statics and dynamics »,Oxford University Press, 2013 y., -1039 p.
4. F.Smith and W.R.Longley «Theoretical mechanics », NEW YORK-LONDON, 2014 y., -288 p.
5. Shoobidov Sh.A., Habibullayeva H.N., Fayzullayeva F.D.

Nazariy mexanika. O‘uv qo’llanva. –T.: Yangi asr avlodi, 2008. – 238 b.
6. Mirsaidov M.M., Boymurodova L.I.,Giyasova N.T. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanma–T.: O‘zbekiston, 2008. –246 b.
7. Habibullayeva X.N. Nazariy mexanika. O‘quv qo‘llanva. (Dinamika),–T.: ТДТУ, 2010. – 160 b.
8. Мешчерский И.В. Назарий механикадан масалалар тўплами.Ўқув қўлланма –Т.: Ўқитувчи, 1990 . – 448 б.
9. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Учебное пособие.СПб.: Лань,2005. – 448с.
10. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. Спб.:Лань, 2008. – 736 с.
11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник. – М.: Высшая школа, 2002. –584 с.
12. Йўлдошев З. К. «Назарий механикадан курс ишларини бажаришгадоир методик қўлланма» –Т.: Ўзбекистон, 1993
13.Анорқулов Т., Хусанов Қ., Комилжонов А. «Назарий механикадан курс ишлари учун топшириқлар тўплами» -Т.: Зиё-нашр, 2002.

Қўшимча адабиётлар

1. Мирзиёев Ш.М. Эркин ва фаровон, демократик Ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президентининг лавозимига киришиш тантанали маросимига бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқи. –Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 56 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 **йиллигига** бағишланган тантанали маросимдаги маъруза 2016 йил 7 декабрь. – Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2016. – 48 б.
3.Мирзиёев Ш.М. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қурамиз. - Т.: “Ўзбекистон” НМИУ, 2017. – 488 б.
4.XabibullayevaX.N «Mumkin bo‘lgan ko‘chish prinsipi» Uslubiy ko‘rsatma. T.:TDTU,2015.

5. Xabibullayeva X.N., Fayzullayeva F.D.«Nuqtaning murakkab harakati» Uslubiy ko'rsatma. T.:TDTU,2011.
6.КаримовК.А., Хабибуллаева Х.Н. «Ҳаракат дифференциал тенглама-ларини интеграллаш» Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2009.
7.Каримов К.А., Хабибуллаева Х.Н. «Тебранма ҳаракатлар» . Услубий кўрсатма. –Т.:ТДТУ, 2011.
8. K.A. Karimov, X.N.Xabibullayeva «Mexanik sistema harakatini o'rganishda sistema kinetic energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremani qo'llash» Uslubiy ko'rsatma. T.:TDTU,2013.
9.Хабибуллаева Х.Н., Файзуллаева Ф.Д. «Нуқта кинематикаси» Услубий кўрсатма. Т.:ТДТУ, 2008.

Elektron resurslar

1.www.ziyonet.uz
2.www.referat.uz
3.http: //www. amazon.com/ Theory-Gearing-Kinemaniks-C-Geometry-Sunthesis/dp/ 1466514485/ref=sr117s =books&ie=UTF8&qid=1337101207& sr=1-1
4. http: //www.titli.uz/ index .php/ru/ axborot – resurslari1/ o'quv qo'llanmalar / nazariy mexanika.htm1