

OZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA ORTA MAXSUS TALIM VAZIRLIGI

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEHNALOGIA INSTITUTI



“UMUMTEHNIKA FANLARI” kafedrası

**«Nazariy mehanika»
FANIDAN**

OQUV-METODIK MAJMUA

Ushbu majmua “Muhandislik- tehnalogia” fakultetining 5320300- “Texnologik mashina va jihozlari”, 5321200 “Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi”, 5320800 “Matbaa va qadoqlash jarayonlari texnologiyasi” bakalavr yonalishidaga tahsil olayotgan talabalarga mojallangan.

Tuzuvchi:

т.ф.н., доц., А.Каримов

NAMANGAN-2012 й

«Nazariy mehanika» fanidan tayorlangan oquv- uslubiy kompleks kafedra proffesor-oqituvchilarining yigilishida muhokama qilingan va tasdiqlangan (2012 yil -----
№ -----sonli bayonnoma).

Kafedra mudiri:

т.ф.н.,dot.. M.Tojibayev

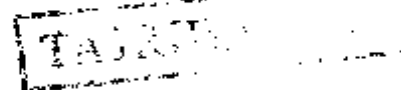
«Nazariy mehanika» fanidan tayorlangan oquv- uslubiy kompleks Namangan muhandislik tehnalogiya instituti Ilmiy-metodik kengashi tomonidan oquv larayonida foydalanish uchun tavsiy etilgan

Kengsh raisi:

**«Nazariy mehanika» fani boyicha oquv-uslubiy kompleksdagi materiallar
ROYHATI**

1. Namunaviy oquv dasturi
2. Fanning ishchi dasturi
3. Fan boyicha taqvimiy reja
4. Fan boyicha tajriba mashg'ulotlari
5. Fan boyicha adabiyotlar royxati
6. Fan boyicha tayanch soz iboralari
7. Fan boyicha maruza matni
8. Fan boyicha mustaqil ish
9. Fan boyicha talim texnologiyasi
10. Fan boyicha test savollari
11. Fan boyicha oralik nazorat savollari
12. Fan boyicha reyting mezonlari
13. Fan boyicha talabalarni bilimini yakuniy baxolash

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**



Рўйхатга олинди

№ 62-54402 -

2008 йил "24" 08

Ўзбекистон Республикаси Олий
ва ўрта махсус таълим
вазирининг
2008 йил "23" август даги
"263" - сонли буйруғи билан
тасдиқланган

**НАЗАРИЙ МЕХАНИКА
фанининг**

ЎҚУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси:	400 000 – Фан
Таълим соҳаси:	440000 -- Табиий фанлар
Таълим йўналиши:	5440200 -- Механика

Тошкент-2008

Fanning o'quv dasturi Oliy va o'rta maxsus, kasb-xunar ta'lim o'quv-metodik birlashmalari faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi kengashning 2012yil "_____"dagi "_____"-sonli majlis bayoni bilan ma'kullangan.

Fanning o'quv dasturi "Namangan muhandislik tehnalogiya" institutida ishlab chiqildi.

Tuzuvchilar:

A.Karimov X.Isaxanov - Namangan muhandislik tehnalogiya instituti "Umumiy texnika" kafedrasi dotsenti.

Taqrizchilar:

R.Muradov – Namangan muhandislik tehnalogiya instituti "Texnolgik mashina va jixozlar" kafedrasi professori, texnika fanlari doktori, professor.

A.Burxanov - Namangan muhandislik tehnalogiya instituti "Texnolgik mashina va jixozlar" kafedrasi dotsenti.

Fanning o'quv dasturi Namangan muhandislik tehnalogiya instituti Ilmiy-metodik kengashida tavsiya qilingan (2012_ yil "___" __dagi "" -sonli bayonnoma).

1. Fanni o'qitish maqsadi va vazifalari, uning o'quv jarayonidagi o'rni

Ushbu ishchi o'quv dastur To'kimachilik sanoat texnologiyasi, Engil sanoat texnologiyasi va dizayni, Paxta sanoat texnologiyasi va mexanikasi yo'nalishlari uchun O'zR OO'MTV tomonidan tasdiklangan DTS va "Nazariy mexanika" fani bo'yicha tasdiklangan namunaviy dasturlar asosida tuzilgan.

Nazariy mexanika fani yukorida kursatilgan bakalavriat yunalishlari uchun asosiy fanlardan biri bo'lib, yukori kurslarda o'tiladigan mexanika ("Materiallar qarshiligi, "Mashina va mexanizmlar nazariyasi", "Mashina detallari", "kurilish mexanikasi", "Amaliy mexanika" va "Inshootlar zilzila-bardoshligi") fanlari uchun kerak bo'ladigan klassik mexanikaning boshlangich va fundamental tushunchalarini o'rgatadi.

Fanning maqsadi va vazifalari:

Nazariy mexanika fani fizika va matematika fanlari singari fundamental fanlarning biri sifatida o'rganiladi. To'kimachilik sanoati sohasining turli bakalavriat yo'nalishlari uchun o'tiladigan deformatsiyalanuvchi qattiq jismlar mexanikasi, materiallar qarshiligi, kurilish mexanikasi, gidravlika, amaliy, boshka umummuhandislik fanlarini o'qitish uchun klassik mexanikaning statika, kinematika va dinamika kismlaridagi asosiy va fundamental tushunchalar, mexanikaning asosiy qonunlari va printsiplari bilan tanishtiradi.

Talabning bilimiga va ko'nikmasiga qo'yiladigan talablar:

Bo'lajak mutaxassisning nazariy mexanika fanini o'rganishi - uni kelgusi ilmiy-texnika taraqqiyoti jarayonida uchraydigan mexanik muammolarni mustaqil ravishda hal qilishi uchun asosiy-fundamental baza yaratadi. SHu bilan birga nazariy mexanikani o'rganish, bo'lajak mutaxassisning dunyoqarashini, va fikrlash qobiliyatini o'stirishga yordam beradi. Nazariy mexanikani o'rganish jarayonida talaba mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy, tushunchalarini va qonunlarini, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarni, moddiy nuqta, qattiq jism muvozanati va harakatini aniqlashda va dinamikasini bagolashda qo'llashi lozim. Talaba olgan bilimini nazariy mexanikaning aniq masalalarini echishda, shuningdek nazariy mexanika asosida o'rganiladigan maxsus fanlarni mukammal o'zlashtirishda to'la tatbiq eta olishi zarur.

Fanni o'rganish uchun o'zlashtirishi zarur bo'lgan fanlar :

Nazariy mexanika fani Oliy matematika, chizmachilik va fizika fanlaridan olingan bilimlarga tayangan holda nuqta yoki moddiy nuqtalar sistemasining matematik modelini kurib, bu sistemada sodir bo'layotgan statik, kinematik va dinamik jarayonlarni ilmiy nuqtai nazaridan taxlil qiladi. SHu sababli talabalardan matematika, chizmachilik va fizika fanlarini to'la o'zlashtirishlari talab qilinadi.

Talabalar fanni o'zlashtirishi uchun nazariy mexanikaning quyidagi qismlarini: qattiq jism statikasi; qattiq jism kinematikasi; dinamikaning umumiy teoremlari; analitik mexanika; tebranishlar nazariyasi va mexanika printsiplari qismlarini to'liq o'zlashtirishlari zarur.

Fanni o'rgatishda qo'llaniladigan texnik vositalar :

"Nazariy mexanika" fani mashgulotlarida ko'rgazmali qurollardan: plakatlar, jadvallar, konstruktsiya elementlarining xisob sxemalaridan, maket va modellaridan keng foydalaniladi. Fanni o'qitish jarayonida komp'yuterlardan keng foydalanish ko'zda tutilgan. Bir nechta xisob - grafika ishlari EXM dan foydalanilgan xolda bajariladi.

KIRISH

Bo'lajak to'kimachilik va yengil sanoat soxasining mutaxassisi nazariy mexanikani fanini o'rganishi - uni kelgusi ilmiy-texnika tarakkiyoti jarayonida uchraydigan mexanik muammolarni mustakil ravishda hal qilish uchun fundamental asos yaratadi.

O'quv fanining maqsadi va vazifalari

Nazariy mexanika fanining vazifasi to'kimachilik va engil sanoat soxasining turli bakalavriat yo'nalishlari uchun o'tiladigan mashina va mexanizmlar nazariyasi, mashina detallari uchun umumiy mexanikaning statika, kinematika va dinamika qismlari bo'yicha asosiy va fundamental tushunchalar va mexanikaning qonun qoidalari va printsiplari bilan tanishtirishdan iboratdir.

Maksadi talabaga mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy tushunchalari va qonunlari, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarini moddiy nuqta, qattik jism muvozanati va harakatini aniqlash usullarini urgatishdir.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga qo'yiladigan talablar

Bo'lajak mutaxassisning nazariy mexanika fanining o'rganishi uning dunyo qarashini, umumiy madaniyatini, fikrlash qobiliyatini o'stirishga yordam beradi.

Nazariy mexanikani o'rganish jarayonida talaba mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy tushunchalari va qonunlarini, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarni moddiy nuqta, qattiq jism muvozanati va harakatini aniqlash usullarini bilishi, olgan bilimni nazariy mexanikaning aniq masalalarini echishga, shuningdek mexanika bo'yicha o'rganiladigan maxsus fanlarni mukammal o'rganishda to'la tatbiq eta olishi zarur.

Fanning o'quv rejadagi boshka fanlar bilan o'zaro bogliqligi va uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi

Nazariy mexanika fani fizika va matematika singari umum ilmiy fundamental fanlarning biri sifatida o'rganiladi.

Nazariy mexanika fani - Oliy matematika va fizika fanlaridan olingan bilimlariga tayangan holda - nuta yoki moddiy nuqtalar sistemasining matematik modelini kurib, bu sistemada sodir bo'layotgan statik, kinematik va dinamik jarayonlarni ilmiy nuqtai nazardan taxlil qiladi. To'qimachilik va engil sanoat soxasining turli bakalavriat yo'nalishlari uchun o'tiladigan deformatsiyalanuvchi qattiq jismlar mexanikasi, materiallar qarshiligi, kurilish mexanikasi, amaliy va boshka umummuhandislik fanlarini o'kitish uchun nazariy mexanikaning statika, kinematika va dinamika qismlari bo'yicha asosiy va fundamental tushunchalar va mexanikaning qonun qoidalari va printsiplari bilan tanishtiradi

Fanning ishlab chiqarishdagi o'rni

Bo'lajak to'kimachilik va engil sanoat soxasi mutaxassisining nazariy mexanika fanini o'rganishi - uni kelgusi ilmiy-texnika taraqqiyoti jarayonida uchraydigan mexanik muammolarni mustaqil ravishda hal qilish uchun asosiy-fundamentni yaratadi. Nazariy mexanikani o'rganish jarayonida talaba mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy tushunchalari va qonunlari, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarini moddiy nuqta, qattiq jism muvozanati va harakatini aniqlash usullarini bilishi zarur. Olingan bilim to'kimachilik muammolarini amaliy masalalarini xal qilishda keng kullaniladi.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

"Nazariy mexanika" fanini uzlashtirishda o'qitishning ilgor va zamonaviy usullaridan keng foydalanib, shu bilan birga o'quv va uslubiy qo'linmalar, ma'ruza matnlari, tarkatma materillari, elektron materillar, virtual stendlar, ko'rgazmali kurollar, plakatlar, jadvallar, konstruktsiya elementlarining xisob sxemalari, maket, modellar va komp'yuter texnologiyasi fanini uzlashtirishda keng ishlatiladi. SHuningdek, amaliy darslarda esa mos ravishdagi il^or pedagogik texnologiyalaridan foydalaniladi.

Asosiy qism

Fanning nazariy mashg'ulotlari mazmuni

Statika

Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.

Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni. qattiq jism statikasi. Kuch. Kuchlar sistemasi. $\mathcal{O}$ kvivalent sistema. Teng ta'sir etuvchi statikaning asosiy aksiomalari Boglanish va uning reaksiyalari. Inshoot va mashinalarga qo'yiladigan kuchlarning turlari

Kesishuvchi kuchlar sistemasi

Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish. Kuchning o'qdagi va tekislikdagi proektsiyasi. Kesishuvchi kuchlarni analitik usulda qo'shish va ularning muvozanat sharti

Momentlar nazariyasi

Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. Kuchning o'qqa nisbatan momenti. Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi.

Juft kuchlar nazariyasi

Juft kuch. Juft momenti. Juft momentining vektorligi. Juft momenti vektoriga oid teoremlar. Fazo va tekislikda joylashgan juftlarni qo'shish. Fazoda va tekislikda joylashgan juftlar sistemasining muvozanati.

Ixtiyoriy kuchlar sistemasi

Kuchni berilgan markazga keltirish. Ixtiyoriy kuchlar sistemasini berilgan markazga keltirish. Ixtiyoriy kuchlar sistemasini soddaga holga keltirish. Ixtiyoriy kuchlar sistemasining muvozanat shartlari. Turli kuchlar ta'siridagi jismning muvozanat shartlarining jadvali.

Ishqalanish kuchi.

Sirkanishdagi ishqalanish kuchi. Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.

Parallel kuchlar. Ogirlik markazi.

Bir tomonga yo'nalgan ikki parallel kuchni qo'shish. Parallel kuchlar markazi. qattiq jismning ogirlik markazi. Bir jinsli jismlar ogirlik markazining koordinatalari. Jism ogirlik markazining koordinatalarini aniqlash usullari. Oddiy shaklli ba'zi bir jinsli jismlarning ogirlik markazi.

Kinematika

Moddiy nuqta kinematikasi.

Moddiy nuqta harakatining berilish usullari. Moddiy nuqta harakatining koordinata usuldagi berilishidan tabiiy usuldagi berilishiga o'tish. Moddiy nuqtaning tezlik va tezlanish vektori. Moddiy nuqta tezlik va tezlanishini koordinata usulida aniqlash. Nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlikni aniqlash. Tabiiy koordinatalar sistemasi. CHiziqning egriligi. $\mathcal{O}$ grilik radiusi. Moddiy nuqta tezlanishini tabiiy usulda aniqlash. Moddiy nuqta harakatining xususiy hollari. Moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilganda uning traektoriya tenglamasi, traektoriya bo'yicha tenglamasi, tezlik va tezlanishini aniqlash. Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish. Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.

Qattiq jism soddaga harakatlari.

qattiq jism ilgarilama harakati. qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Aylanma harakatdagi jism burchak tezligi va burchak tezlanishi. qo'zgalmas o'q atrofida aylanayotgan jism ixtiyoriy nuqtasi tezligi va tezlanishini tabiiy usulda aniqlash. CHiziqli tezlik va tezlanish vektori. CHiziqli tezlik va tezlanishni koordinata usulda aniqlash. Aylanma harakatlarni bir jismdan ikkinchi jismga uzatish.

Qattiq jismning tekis parallel harakati.

Tekis parallel harakat tenglamasi. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining traektoriyasi. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezligi. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezlanishi. Tekis shakl ikki nuqtasi tezliklarining proektsiyasi haqidagi teorema. Tezliklar oniy markazi (TOM). Tezliklar oniy markazini aniqlash usullari.

Moddiy nuqtaning murakkab harakati.

Moddiy nuqtaning nisbiy, ko'chirma va murakkab (absolyut) harakati. Murakkab harakat qonuni. Murakkab (absolyut) harakatdagi moddiy nuqta tezligi (tezliklarni qo'shish teoremasi). Murakkab (absolyut) harakatdagi nuqta tezlanishi (tezlanishlarni qo'shish teoremasi).

Dinamika.

Dinamikaning asosiy tushunchalari. Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Erkin va erksiz moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari

Moddiy nuqtaning tebranma harakati.

Moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati. Moddiy nuqtaning so'nuvchi tebranma harakati. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatiga muhit qarshilik kuchining ta'siri.

Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari

Mexanik sistema. Ichki va tashqi kuchlar. Mexanik sistema massasi va massa markazi. Sistemaning inertiya momenti. Inertiya radiusi. Ba'zi bir jinsli jismlarning inertiya momentlari. Mexanik sistema harakatining differentsial tenglamalari. Sistema inertiya markazi harakati haqidagi teorema. Inertiya markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si. Moddiy nuqta va mexanik sistemaning qarakat miqdori. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.

Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti.

Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema. Rezal' teoremasi. qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakati differentsial tenglamasi. Sistema va moddiy nuqta kinetik momentiningsaqlanish qonuni.

Ish va quvvat. Potentsialli kuch maydoni. Kuch funktsiyasi. Potentsialli kuch. Potentsialli kuch maydonidagi ish. Potentsial energiya. Moddiy nuqta va mexanik sistema kinetik energiyasi. Kyonig teoremasi. qattiq jismning kinetik energiyasi. Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema.

Mexanik energiyaning saqlanish qonuni qattiq jismning tekis parallel harakati.

qattiq jism tekis parallel harakatining differentsial tenglamalari. Dalamber printsipi. Aylanma harakatdagi jismning aylanish o'qiga ko'rsatadigan bosimi.

Moddiy nuqta uchun Dalamber printsipi. Sistema uchun Dalamber printsipi. qo'zgalmas o'q atrofida aylanadigan jismning aylanish o'qiga ko'rsatadigan bosimi. Inertiya kuchlarini muvozanatlash.

Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.

Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari. Erkinlik darajasi bitta bo'lgan sistemaning kichik tebranma harakati haqida kiskacha tushuncha.

Amaliy mashg'ulotlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar va tavsiyalar **Statika**

1. Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.
2. Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.
3. Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
4. Bir necha jismlardan iborat bo'lgan kurilmaning muvozanatiga doir masalalar echish.
5. Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
6. Fazoda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
7. qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.

Kinematika

8. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.
9. qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.
10. Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
11. Qattiq jismning ilgariylanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.
12. Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
13. Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
14. Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.
15. Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
16. Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
17. Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
18. Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.

Dinamika

19. Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.
20. Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.
21. Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.
22. Nuqaga ta'sir qiluvchi berilgan kuchlarga asosan nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir masalalar echish.

23. Moddiy nuqtaning erkin va so'navchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.
24. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatiga doir masalalar echish.
25. Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.
26. Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.
27. Sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema asosan masalalar echish.
28. Sistema harakat miqdori va sistema harakat miqdorining o'zgarish haqidagi teorema doir masalalar echish.
29. Sistema harakat miqdori momenti va sistema harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema doir masalalar echish.
30. Sistema kinetik energiyasi va sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema doir masalalar echish.
31. Qattiq jismning tekis parallel harakat differentsial tenglamalariga doir masalalar echish.
32. Nuqta va mexanik sistema uchun D'alamber printsipiga doir masalalar echish.
33. Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o'qiga ko'rsa-tadigan bosimini va statik, dinamik bosimlarni aniqlashga doir masalalar echish.
34. Nuqtaning va qattiq jismning xarakatini ularga qo'yilgan boglanishlarni hisobga olingan holda tekislikdagi va fazodagi holatini to'la va sifatli tekshirish.
35. Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.

Hisob-grafik ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar

Nazariy mexanikaning statika, kinematika, dinamika bo'limlari bo'yicha beriladigan hisob-grafik ishlari fanni o'zlashtirishda muhim ahamiyati. Hisob-grafik ishlari kurs ishlari bilan bir xilda bo'lib ular quyidagicha:

1. Qattiq jismning unga qo'yilgan kuchlar ta'siridagi muvozanati.
2. Tekislikdagi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir hisob-grafik ishi.
3. Fazoviy kuchlar sistemasining muvozanatiga doir hisob-grafik ishi.
4. Nuqtaning va qattiq jism nuqtasining harakat qonunlarini, traektoriya tenglamalarini, tezlik va tezlanishini aniqlash.
5. Nuqtaning harakat qonuni, traektoriya tenglamasi, tezlik va tezlanishi aniqlashga doir hisob-grafik ishi.
6. Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtasining va tezlanishini aniqlashga doir hisob-grafik ishi.
7. Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir hisob-grafik ishi.
8. Nuqtaning harakat differentsial tenglamasini tuzish va uni integrallash masalasi.
9. Berilgan kuch ta'siridagi nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir hisob-grafik ishi.
10. Nuqta uchun dinamikaning umumiy teoremlarini qo'llashga oid hisob-grafik ishi.
11. Moddiy nuqtalar sistemasi. qattiq jismning harakatini tekshirish.
12. Moddiy nuqtalar sistemasi uchun dinamikaning umumiy teoremlariga doir hisob-grafik ishi.

Dasturning informatsion - uslubiy ta'minoti

Fanni o'rganishda komp'yuter vositalari, ko'rgazmali qo'llanmalar va Internet materiallari xamda yangi pedagogik texnologiyalari, ya'ni interaktiv usullaridan foydalaniladi.

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

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

«TASDIQLAYMAN»

O'quv ishlari bo'yicha prorektor

_____ dots.A. To'raqulov

«__» avgust 2012 yil

5320300 «Texnologik mashinalar va jihozlar»
(to'qimachilik, engil va paxta sanoati) bakalavriat ta'lim yo'nalishi uchun

«Nazariy mexanika» fanidan

ISHCHI O'QUV DASTUR

Ishchi o'quv dastur O'zbekiston Milliy Universiteti tomondan 2008 yil 24 avgustda tuzilgan BD-54402 raqam bilan ro'yhatga olingan va O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligini 2008 yil 23 avgustdagi 263 sonli buyrug'I bilan tasdiqlangan namunaviy o'quv dasturi asosida tuzildi.

Ishchi o'quv dastur «Umumtexnika fanlari» kafedrasining 2012 yil ____avgustdagi 1-sonli yig'ilishida muhokama etildi va ma'qullandi.

Tuzuvchilar:

t.f.n., dots. X. Isaxanov

t.f.n., dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

t.f.n., dots. M. Tojiboev

Kelishildi:

“TMJ” kafedrasi mudiri:

t.f.n., dots. A. Obidov

Ishchi o'quv dastur institut o'quv-uslubiy kengashining 2012 yil ____ avgustdagi yig'ilishida ko'rib chiqildi va 1-sonli bayonnoma bilan tasdiqlandi.

Namangan-2012 yil

Kirish

Ushbu ishchi o'quv dastur Texnologik mashina va jihozlar ta'lim yo'nalishlari uchun O'zR OO'MTV tomonidan tasdiklangan DTS va "Nazariy mexanik" fani bo'yicha tasdiklangan namunaviy dasturlar asosida tuzilgan.

Nazariy mexanika fani yukorida kursatilgan bakalavriat yunalishlari uchun asosiy fanlardan biri bo'lib, yukori kurslarda o'tiladigan mexanika ("Materiallar qarshiligi", "Mashina va mexanizmlar nazariyasi", "Mashina detallari", "Amaliy mexanika" fanlari uchun kerak bo'ladigan klassik mexanikaning boshlangich va fundamental tushunchalarini o'rgatadi.

O'quv fanining maqsad va vazifalari

Nazariy mexanika fani fizika va matematika fanlari singari fundamental fanlarning biri sifatida o'rganiladi. To'kimachilik sanoati soxasining turli bakalavriat yo'nalishlari uchun o'tiladigan deformatsiyalanuvchi qattiq jismlar mexanikasi, materiallar qarshiligi, kurilish mexanikasi, gidravlika, amaliy, boshka umummuhandislik fanlarini o'qitish uchun klassik mexanikaning statika, kinematika va dinamika kismalaridagi asosiy va fundamental tushunchalar, mexanikaning asosiy qonunlari va printsiplari bilan tanishtiradi.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga

qo'yiladigan talablar.

Bo'lajak mutaxassisning nazariy mexanika fanini o'rganishi - uni kelgusi ilmiy-texnika taraqqiyoti jarayonida uchraydigan mexanik muammolarni mustaqil ravishda hal qilishi uchun asosiy-fundamental baza yaratadi. SHu bilan birga nazariy mexanikani o'rganish, bo'lajak mutaxassisning dunyoqarashini, va fikrlash qobiliyatini o'stirishga yordam beradi. Nazariy mexanikani o'rganish jarayonida talaba mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy, tushunchalarini va qonunlarini, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarni, moddiy nuqta, qattiq jism muvozanati va harakatini aniqlashda va dinamikasini bagolashda qo'llashi lozim. Talaba olgan bilimini nazariy mexanikaning aniq masalalarini echishda, shuningdek nazariy mexanika asosida o'rganiladigan maxsus fanlarni mukammal o'zlashtirishda to'la tatbiq eta olishi zarur.

Fanni o'rganish uchun o'zlashtirishi zarur bo'lgan fanlar :

Nazariy mexanika fani Oliy matematika, chizmachilik va fizika fanlaridan olingan bilimlarga tayangan holda nuqta yoki moddiy nuqtalar sistemasining matematik modelini kurib, bu sistemada sodir bo'layotgan statik, kinematik va dinamik jarayonlarni ilmiy nuqtai nazaridan taxlil qiladi. SHu sababli talabalardan matematika, chizmachilik va fizika fanlarini to'la o'zlashtirishlari talab qilinadi.

Talabalar fanni o'zlashtirishi uchun nazariy mexanikaning quyidagi qismlarini: qattiq jism statikasi; qattiq jism kinematikasi; dinamikaning umumiy teoremlari; analitik mexanika; tebranishlar nazariyasi va mexanika printsiplari qismlarini to'liq o'zlashtirishlari zarur.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talabalarning bu fanni o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullardan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muxim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashgirishtda darslik, o'quv qo'llanmalar va ma'ruzalar matnlari va ularning elektron versiyalaridan, OO'Yu ma'lumotlar elektron bazasidan, komp yuter hamrohligida o'quv mashg'ulotlarini tashkil kilishda foydalaniladi. Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda mavzularga mos ravishdagi ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

1. Fanning hajmi

№	Mashg'ulot	Shartli belgi	Soatlar	Semestr	
				3	3-semestr
1.	Ma'ruza	M	54	54	
2.	Amaliy mashg'ulot	L	72	72	
3.	Mustaqil ish	MI	54	54	
	Jami		180	180	

«Nazariy mexanika » fanidan o'tiladigan ma'ruzalar mavzusi va ularga ajratilgan soatlar

№	Fan mavzular nomi	Soat
1-semestr		
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2
2	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni	2
3	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.	2
4	Kuch. Kuchlar sistemasi.	2
5	Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish.	2
6	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.	2
7	Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi.	2
8	Ixtiyoriy kuchlar sistemasi Kuchni berilgan markazga keltirish.	2
9	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi	2
10	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.	2
11	Parallel kuchlar. Ogirlik markazi.	2
12	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.	2
13	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.	2
14	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.	2
15	Qattiq jism sodda harakatlari.	2

16	Chiziqli tezlik va tezlanish vektori.	2
17	Qattiq jismning tekis parallel harakati.	2
18	Moddiy nuqtaning murakkab harakati.	2
19	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.	2
20	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.	2
21	Moddiy nuqtaning tebranma harakati.	2
22	Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari	2
23	Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.	2
24	Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.	2
25	Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema.	2
26	Mexanik energiyaning saqlanish qonuni qattiq jismning tekis parallel harakati.	2
27	Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.	2
	1-semestr bo'yicha jami:	54
	Xammasi:	54

«Nazariy mexanika» fanidan o'tiladigan amaliy mashg'ulotlar mavzusi va ularga ajratilgan soatlar.

No	Fan mavzular nomi	Soat
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2
2	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.	2
3	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.	2
4	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2
5	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2
6	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.	2
7	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.	2
8	qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.	2
9	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2
10	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.	2
11	Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.	2
12	Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2
13	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.	2
14	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2
15	Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.	2
16	Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2
17	Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2

19	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.	2
20	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.	2
21	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2
22	Nuqaga ta'sir qiluvchi berilgan kuchlarga asosan nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir masalalar echish.	2
23	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2
24	Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2
25	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.	2
26	Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.	2
27	Sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema asosan masalalar echish.	2
28	Sistema harakat miqdori va sistema harakat miqdorining o'zgarish haqidagi teorema asosan masalalar echish.	2
29	Sistema harakat miqdori momenti va sistema harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema asosan masalalar echish.	2
30	Sistema kinetik energiyasi va sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema asosan masalalar echish.	2
31	Qattiq jismning tekis parallel harakat differentsial tenglamalariga doir masalalar echish.	2
32	Nuqta va mexanik sistema uchun D'alamber printsiplari haqidagi masalalar echish.	2
33	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o'qiga ko'rsa-tadigan bosimini va statik, dinamik bosimlarni aniqlashga doir masalalar echish.	2
34	Nuqtaning va qattiq jismning harakatini ularga qo'yilgan boglanishlarni hisobga olingan holda tekislikdagi va fazodagi holatini to'la va sifatlilik tekshirish.	2
35	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2
36	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2
	Jami	72

Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar bo'yicha mustaqil ish mavzulari.

No	Mavzular nomi
	I. Ma'ruza darslari bo'yicha:
1	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni
2	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.
3	Kuch. Kuchlar sistemasi.
4	Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish.
5	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.
6	Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi.
7	Ixtiyoriy kuchlar sistemasi Kuchni berilgan markazga keltirish.
8	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi
9	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.
10	Parallel kuchlar. Ogirlik markazi.
11	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.

12	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.
13	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.
14	Qattiq jism sodda harakatlari.
15	Chiziqli tezlik va tezlanish vektori.
16	Qattiq jismning tekis parallel harakati.
17	Moddiy nuqtaning murakkab harakati.
18	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.
19	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.
	Jami ma'ruza bo'yicha 27 soat
	II. amaliy darslari bo'yicha:
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,
2	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.
3	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.
4	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
5	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
6	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.
7	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.
8	Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.
9	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
10	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.
11	Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
12	Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
13	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.
14	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
15	Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
16	Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
17	Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
18	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.
19	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.
20	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.
21	Nuqaga ta'sir qiluvchi berilgan kuchlarga asosan nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir masalalar echish.
	Jami amaliy mashg'ulotlari bo'yicha 27 soat
	Jami 54 soat

2. Ma'ruza mashg'ulotlari mavzulari. (54 soat)

1-mavzu. Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

2-mavzu. Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

3-mavzu. Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

4-mavzu. Kuch. Kuchlar sistemasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

5-mavzu. Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

6-mavzu. Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

7-mavzu. Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

8-mavzu. Ixtiyoriy kuchlar sistemasi Kuchni berilgan markazga keltirish. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

9-mavzu. Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

10-mavzu. Dumalanishdagi ishqalanish kuchi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

11-mavzu. Parallel kuchlar. Ogirlik markazi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

12-mavzu. Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

13-mavzu. Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

14-mavzu. Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

15-mavzu. Qattiq jism sodda harakatlari. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

16-mavzu. CHiziqli tezlik va tezlanish vektori. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

17-mavzu. Qattiq jismning tekis parallel harakati. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

18-mavzu. Moddiy nuqtaning murakkab harakati. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

19-mavzu. Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

20-mavzu. Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

21-mavzu. Moddiy nuqtaning tebranma harakati. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

22-mavzu. Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

23-mavzu. Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.

(2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

24-mavzu. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

25-mavzu. Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

26-mavzu. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni qattiq jismning tekis parallel harakati.

(2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

27-mavzu. Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

Ma'ruza mashg'ulotlari bo'yicha ON larni baholash mezoni:

Ma'ruza mashg'ulotlari bo'yicha jami 34 ball ajratilgan bo'lib, 2 ta ON lar o'tkaziladi:

- 1) 1-ON uchun maksimal ball – 17 ball, o'tkazish shakli – test yoki yozma ish topshiriqlari.

Baholash mezoni quyidagicha:

- 2) test yoki yozma ish topshiriqlarini
 - to'la bajarganligi uchun – 13 ball;
 - mustaqil ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 4 ball.
- 3) 2-ON uchun maksimal ball – 17 ball, o'tkazish shakli – test yoki yozma ish topshiriqlari.
- 4)Baholash mezoni quyidagicha:
 - test yoki yozma ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 13 ball;
 - mustaqil ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 4 ball.

3. Amaliy mashg'ulotlar mavzulari. (72 soat)

1-mavzu. Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

2-mavzu. Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

3-mavzu. Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

4-mavzu. Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

5-mavzu. Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish. **(4 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

- 6-mavzu.** Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6
- 7-mavzu.** Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash. (2 soat)
Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9
- 8-mavzu.** Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash. (4 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 9-mavzu.** Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 10-mavzu.** Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish. (4 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 11-mavzu.** Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (4 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 12-mavzu.** Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 13-mavzu.** Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish. (4 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 14-mavzu.** Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 15-mavzu.** Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 16-mavzu.** Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 17-mavzu.** Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 18-mavzu.** Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 19-mavzu.** Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 20-mavzu.** Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 21-mavzu.** Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 22-mavzu.** Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)
Adabiyotlar: 7, 8, 9
- 23-mavzu.** Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

24-mavzu. Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatiga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

25-mavzu. Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

26-mavzu. Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

27-mavzu. Sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema asosan masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

28-mavzu. Sistema harakat miqdori va sistema harakat miqdorining o'zgarish haqidagi teorema doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

29-mavzu. Sistema harakat miqdori va sistema harakat miqdorining o'zgarish haqidagi teorema doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

30-mavzu. Sistema kinetik energiyasi va sistema kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

31-mavzu. Qattiq jismning tekis parallel harakat differentsial tenglamalariga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

32-mavzu. Nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber printsiplari doir masalalar

Adabiyotlar: 7, 8, 9

33-mavzu. Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o'qiga ko'rsatadigan bosimini va statik, dinamik bosimlarni aniqlashga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

34-mavzu. Nuqtaning va qattiq jismning harakatini ularga qo'yilgan boglanishlarni hisobga olingan holda tekislikdagi va fazodagi holatini to'la va sifatli tekshirish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

35-mavzu Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

36-mavzu Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.

Adabiyotlar: 7, 8, 9

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha JN larni baholash mezonlari:

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha jami – 36 ball ajratilgan bo'lib, 4 ta JN lar o'tkaziladi:

1) 1-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 1-9 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

2) 2-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 10-18 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob-grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

3) 3-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 19-27 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5ball.

- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.
- 4) 4-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezoniquyidagicha:
- 28-36 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- xisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

4. Tavsiya etilayotgan mavzular bo'yicha ko'rgazma-namoyish materiallari, o'quv filmlari va boshqa didaktik materiallar ro'yxati.

«Nazariy mexanika» fanini o'rganuvchi talabalar auditoriyada olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ta'lim tizimiga asoslanib, kafedra o'qituvchilari rahbarligida, o'quv rejasiga muvofiq mustaqil ta'lim oladilar.

«Nazariy mexanika» fanini o'rganishda talabalar amaliy yordam sifatida fan bo'yicha ma'ruza matnidagi shakliy va raqamli ma'lumotlarni oldindan tayyorlab ularga etkaziladi (bu o'qituvchining vaqtini tejab, talabalarni ortiqcha yozishdan ozod qiladi); test savollarini tuzib tarqatiladi; «Tayanch» iboralar ishlab chiqib, ularning talabalar tomonidan mukammal o'zlashtirishlarini ta'minlanadi.

Talabalar «Nazariy mexanika» fanini o'rganishda axborot vositalaridan, ya'ni internet tizimidan ham keng foydalanadilar.

5. O'zlashtirish nazorati.

O'quv rejasida fanga jami 180 soat ajratilgan bo'lib, shundan kuzgi semestrda buning 54 soati ma'ruza, 72 soati amaliy mashg'ulot, 54 soati mustaqil ta'lim uchun mo'ljallangan.

Talabalarni fan bo'yicha o'zlashtirishlarini baholash reyting tizimi asosida amalga oshiriladi va semestr davomida muntazam ravishda olib boriladi. Reyting ballari nazoratning alohida turlariga qarab, quyidagi tartibda taqsimlanadi:

Joriy baholash, oraliq baholash va yakuniy baholash. Joriy va oraliq baholash turiga ajratilgan ballar miqdori 70 ball, yakuniy baholashga esa 30 ball miqdorida belgilanadi. «Nazariy mexanika» fanidan talaba to'plashi mumkin bo'lgan maksimal ball 100 ballga teng, shundan joriy baholashga 36 ball, oraliq baholashga 34 ball, yakuniy baholashga 30 ball ajratilgan.

Joriy baholash uchun ajratilgan reyting ballari talabalarining amaliy darslardagi faolligi, hisob-grafik ishini va mustaqil ish uchun berilgan topshiriqlarni bajarganliklari, ko'rgazmali qurollar tayyorlaganliklari uchun qo'yiladi.

Oraliq baholashda talabalarining ma'ruza darslaridagi faolligi, mustaqil ish uchun berilgan topshiriqlarni bajarganliklari hisobga olinadi hamda har semestrda ikki marta oraliq nazorat (yozma ish, test yoki nazoratning boshqa turi) o'tkazilib, ularga ham tegishli ball ajratiladi.

Yakuniy baholash ballari 1-semestrda talabalarining test savollariga bergan javobi uchun, 2-semestrda grafik ishlari, test yoki nazoratning boshqa turi bo'yicha qo'yiladi.

Nizomga asosan talabalar bilimi berilgan nazariy va amaliy mashg'ulotlar materiallarini o'zlashtirishni hisobga olgan holda quyidagicha baholanadi:

- 86 – 100% (86 baldan 100 balgacha) «a'lo»;
- 71 – 85 % (71 baldan 85 balgacha) «yaxshi»;
- 55 – 70% (55 baldan 70 balgacha) «qoniqarli»;
- 55% dan kam (0 dan 55 balgacha) «qoniqarsiz».

6. Adabiyotlar.

1. Asosiy adabiyotlar.

1. Мирсаидов М.М., Воймуродова Л.И., Гиясова Н. Т. Назарий механика Олий ўқув юртлари талабалаги учун ўқув қўлланма. Тошкент, “Ўзбек кистон”, 1997й
2. Mirsaidova M.M., Boymurodova L. I., Nazariy mexanika Oliy o’quv yurtlari talabalari uchun o’quv qo’llanma. Toshkent O’zbekiston 2007,230 bet
3. Шохайдарова П., Шозиётов Т., Зоиров Ж. Назарий механика Т. Ўқитувчи, 1981 – 350 б
4. Рашидов Т. Р. Шозиётов Т., Мўминов К.В. Назарий механика асослаги. Т. Ўқитувчи., 1990—416
5. Мещерский И.В. Сборник задач по теогитической механике. М. Наука, 1986 44 бс
6. Мещерский И. В. Назарий механикадан масалалар тўплами. Русча 30 нашига муфовиклаштирилган 2- нашига Ўқитувчи, 1969 446 б
7. Тагг С. М. Краткий курс теогитической механики. М Наука, 1974 480 с

2. Qo`shimcha adabiyotlar.

1. Азиз-Қориев., С. К. Янгуразов Ш.Х. Назарий механикадан масалалар ечиш методикаси (Статика ва кинематика). Т. Ў. 1974 -220 б
2. Азиз-Қориев., С. К. Янгуразов Ш.Х. Назарий механикадан масалалар ечиш методикаси (Динамика). Т. Ў. 1974 -220 б
3. Воймуродова Л. И., Шульгина И. М. Назарий механикадан масалалар ечиш. Т. 1992 64б
4. Вразниченко Н. А., Канн В.Л. и др. Сборник задач по теогитической механике М. Высшая школа, 1974 432 с
5. Яблонский А.А., Норейко С.С., Волсон С. А. Сборник заданий для курсовых работ по теогитической механике. М. Высшая школа 1978г. 368 с
6. Ўрозбоев М. Назарий механика асосий курси Т. Ў. 1966й 660 б
7. К. В. Хусанов (А. А. Яблонский таъжимаси) назарий механикадан курс ишлаги учун тошигиқлар тўплами. Т. Ў. 2002 й 416 б
8. <ftp://ftp2.natm.ru>
9. <ftp://ftp2.natm.ru/incomingXXI/>=For People=/c3.rar

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

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

«TASDIQLAYMAN»

O'quv ishlari bo'yicha prorektor

_____ dots.A. To'raqulov

«__» avgust 2012 yil

5321200 «Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi»
bakalavriat ta'lim yo'nalishi uchun

«Nazariy mexanika» fanidan

ISHCHI O'QUV DASTUR

Ishchi o'quv dastur O'zbekiston Milliy Universiteti tomoidan 2008 yil 24 avgustda tuzilgan BD-54402 raqam bilan ro'yhatga olingan va O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligini 2008 yil 23 avgustdagi 263 sonli buyrug'I bilan tasdiqlangan namunaviy o'quv dasturi asosida tuzildi.

Ishchi o'quv dastur «Umumtexnika fanlari» kafedrasining 2012 yil ____avgustdagi 1-sonli yig'ilishida muhokama etildi va ma'qullandi.

Tuzuvchilar:

t.f.n., dots. X. Isaxanov

t.f.n., dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

t.f.n., dots. M. Tojiboev

Kelishildi:

“TMJ” kafedrasini mudiri:

t.f.n., dots. A. Obidov

Ishchi o'quv dastur institut o'quv-uslubiy kengashining 2012 yil ____ avgustdagi yig'ilishida ko'rib chiqildi va 1-sonli bayonnoma bilan tasdiqlandi.

Namangan-2012 yil

Kirish

Ushbu ishchi o'quv dastur Tabiiy tolalarni dastlabki ishlash texnologiyasi ta'lim yo'nalishlari uchun O'zR OO'MTV tomonidan tasdiklangan DTS va "Nazariy mexanika" fani bo'yicha tasdiklangan namunaviy dasturlar asosida tuzilgan.

Nazariy mexanika fani yukorida kursatilgan bakalavriat yunalishlari uchun asosiy fanlardan biri bo'lib, yukori kurslarda o'tiladigan mexanika ("Materiallar qarshiligi", "Mashina va mexanizmlar nazariyasi", "Mashina detallari", "Amaliy mexanika" fanlari uchun kerak bo'ladigan klassik mexanikaning boshlangich va fundamental tushunchalarini o'rgatadi.

O'quv fanining maqsad va vazifalari

Nazariy mexanika fani fizika va matematika fanlari singari fundamental fanlarning biri sifatida o'rganiladi. To'kimachilik sanoati soxasining turli bakalavriat yo'nalishlari uchun o'tiladigan deformatsiyalanuvchi qattiq jismlar mexanikasi, materiallar qarshiligi, kurilish mexanikasi, gidravlika, amaliy, boshka umummuhandislik fanlarini o'qitish uchun klassik mexanikaning statika, kinematika va dinamika kismalaridagi asosiy va fundamental tushunchalar, mexanikaning asosiy qonunlari va printsiplari bilan tanishtiradi.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga

qo'yiladigan talablar.

Bo'lajak mutaxassisning nazariy mexanika fanini o'rganishi - uni kelgusi ilmiy-texnika taraqqiyoti jarayonida uchraydigan mexanik muammolarni mustaqil ravishda hal qilishi uchun asosiy-fundamental baza yaratadi. SHu bilan birga nazariy mexanikani o'rganish, bo'lajak mutaxassisning dunyoqarashini, va fikrlash qobiliyatini o'stirishga yordam beradi. Nazariy mexanikani o'rganish jarayonida talaba mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy, tushunchalarini va qonunlarini, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarni, moddiy nuqta, qattiq jism muvozanati va harakatini aniqlashda va dinamikasini bagolashda qo'llashi lozim. Talaba olgan bilimini nazariy mexanikaning aniq masalalarini echishda, shuningdek nazariy mexanika asosida o'rganiladigan maxsus fanlarni mukammal o'zlashtirishda to'la tatbiq eta olishi zarur.

Fanni o'rganish uchun o'zlashtirishi zarur bo'lgan fanlar :

Nazariy mexanika fani Oliy matematika, chizmachilik va fizika fanlaridan olingan bilimlarga tayangan holda nuqta yoki moddiy nuqtalar sistemasining matematik modelini kurib, bu sistemada sodir bo'layotgan statik, kinematik va dinamik jarayonlarni ilmiy nuqtai nazaridan taxlil qiladi. SHu sababli talabalardan matematika, chizmachilik va fizika fanlarini to'la o'zlashtirishlari talab qilinadi.

Talabalar fanni o'zlashtirishi uchun nazariy mexanikaning quyidagi qismlarini: qattiq jism statikasi; qattiq jism kinematikasi; dinamikaning umumiy teoremlari; analitik mexanika; tebranishlar nazariyasi va mexanika printsiplari qismlarini to'liq o'zlashtirishlari zarur.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talabalarning bu fanni o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullardan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muxim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashgirishda darslik, o'quv qo'llanmalar va ma'ruzalar matnlari va ularning elektron versiyalaridan, OO'Yu ma'lumotlar elektron bazasidan, komp yuter hamrohligida o'quv mashg'ulotlarini tashkil kilishda foydalaniladi. Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda mavzularga mos ravishdagi ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

1. Fanning hajmi

№	Mashg'ulot	Shartli belgi	Soatlar	Semestr	
				3	3-semestr
1.	Ma'ruza	M	36	36	
2.	Amaliy mashg'ulot	A	36	36	
3.	Mustaqil ish	MI	68	68	
	Jami		140	140	

«Nazariy mexanika» fanidan o'tiladigan ma'ruzalar mavzusi va ularga ajratilgan soatlar

№	Fan mavzular nomi	Soat
1-semestr		
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2
2	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni	2
3	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.	2
4	Kuch. Kuchlar sistemasi.	2
5	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.	2
6	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi	2
7	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.	2
8	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.	2
9	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.	2
10	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.	2
11	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.	2
12	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.	2
13	Moddiy nuqtaning tebranma harakati.	2
14	Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari	2
15	Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.	2
16	Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.	2
17	Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi	2

	teorema.	
18	Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.	2
	3-semestr bo'yicha jami:	36 soat
	Xammasi:	36 soat

«Nazariy mexanika» fanidan o'tiladigan amaliy mashg'ulotlar mavzusi va ularga ajratilgan soatlar.

No	Fan mavzular nomi	Soat
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2
2	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.	2
3	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.	2
4	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2
5	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2
6	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.	2
7	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.	2
8	Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.	2
9	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2
10	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.	2
11	Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.	2
12	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.	2
13	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.	2
14	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2
15	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2
16	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.	2
17	Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.	2
18	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2
	Jami	36 soat

Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar bo'yicha mustaqil ish mavzulari.

No	Mavzular nomi
	I. Ma'ruza darslari bo'yicha:
1	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni
2	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.
3	Kuch. Kuchlar sistemasi.
4	Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish.

5	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.
6	Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi.
7	Ixtiyoriy kuchlar sistemasi Kuchni berilgan markazga keltirish.
8	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi
9	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.
10	Parallel kuchlar. Ogirlik markazi.
11	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.
12	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.
13	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.
14	qattiq jism sodda harakatlari.
15	CHiziqli tezlik va tezlanish vektori.
16	qattiq jismning tekis parallel harakati.
17	Moddiy nuqtaning murakkab harakati.
18	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.
19	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.
	Jami ma'ruza bo'yicha 34 soat
	II. amaliy darslari bo'yicha:
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,
2	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.
3	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.
4	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
5	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
6	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.
7	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.
8	qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.
9	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
10	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.
11	Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
12	Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
13	Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.
14	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
15	Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
16	Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
17	Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
18	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.
19	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.
20	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir

	masalalar echish.
21	Nuqaga ta'sir qiluvchi berilgan kuchlarga asosan nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir masalalar echish.
	Jami amaliy mashg'ulotlari bo'yicha 34 soat
	Jami 68 soat

2. Ma'ruza mashg'ulotlari mavzulari. (36 soat)

1-mavzu. Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

2-mavzu. Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

3-mavzu. Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

4-mavzu. Kuch. Kuchlar sistemasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

5-mavzu. Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.

(2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

6-mavzu. Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

7-mavzu. Dumalanishdagi ishqalanish kuchi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

8-mavzu. Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

9-mavzu. Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

10-mavzu. Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

11-mavzu. Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

12-mavzu. Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

13-mavzu. Moddiy nuqtaning tebranma harakati. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

14-mavzu. Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

15-mavzu. Inertiya markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

16-mavzu. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

17-mavzu. Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

18-mavzu. Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

Ma'ruza mashg'ulotlari bo'yicha ON larni baholash mezon:

Ma'ruza mashg'ulotlari bo'yicha jami 34 ball ajratilgan bo'lib, 2 ta ON lar o'tkaziladi:

- 4) 1-ON uchun maksimal ball – 17 ball, o'tkazish shakli – test yoki yozma ish topshiriqlari.

Baholash mezon quyidagicha:

- test yoki yozma ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 13 ball;
- mustaqil ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 4 ball.
-

- 5) 2-ON uchun maksimal ball – 17 ball, o'tkazish shakli – test yoki yozma ish topshiriqlari.

Baholash mezon quyidagicha:

- test yoki yozma ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 13 ball;
- mustaqil ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 4 ball.

3. Amaliy mashg'ulotlar mavzulari. (36 soat)

1-mavzu. Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

2-mavzu. Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

3-mavzu. Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

4-mavzu. Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

5-mavzu. Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

6-mavzu. Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

7-mavzu. Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

8-mavzu. Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 7, 8, 9

9-mavzu. Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 7, 8, 9

10-mavzu. Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 7, 8, 9

11-mavzu. Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 7, 8, 9

12-mavzu. Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 7, 8, 9

13-mavzu. Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish. **(2 soat)**

Adabiyotlar: 7, 8, 9

14-mavzu. Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

15-mavzu. Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

16-mavzu. Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

17-mavzu. Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

18-mavzu Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha JN larni baholash mezon:

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha jami – 36 ball ajratilgan bo'lib, 4 ta JN lar o'tkaziladi:

- 3) 1-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezon quyidagicha:
 - 1-9 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
 - xisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
 - mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.
- 4) 2-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezon quyidagicha:
 - 10-18 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
 - xisob-grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
 - mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.
- 3) 3-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezon quyidagicha:
 - 19-27 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
 - xisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5ball.
 - mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.
- 4) 4-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezon quyidagicha:
 - 28-36 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
 - xisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
 - mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

4. Tavsiya etilayotgan mavzular bo'yicha ko'rgazma-namoyish materiallari, o'quv filmlari va boshqa didaktik materiallar ro'yxati.

«Nazariy mexanika» fanini o'rganuvchi talabalar auditoriyada olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ta'lim tizimiga asoslanib, kafedra o'qituvchilari rahbarligida, o'quv rejasiga muvofiq mustaqil ta'lim oladilar.

«Nazariy mexanika» fanini o'rganishda talabalar amaliy yordam sifatida fan bo'yicha ma'ruza matnidagi shakliy va raqamli ma'lumotlarni oldindan tayyorlab ularga etkaziladi (bu o'qituvchining vaqtini tejab, talabalarni ortiqcha yozishdan ozod qiladi); test savollarini tuzib tarqatiladi; «Tayanch» iboralar ishlab chiqib, ularning talabalar tomonidan mukammal o'zlashtirishlarini ta'minlanadi.

Talabalar «Nazariy mexanika» fanini o'rganishda axborot vositalaridan, ya'ni internet tizimidan ham keng foydalanadilar.

5. O'zlashtirish nazorati.

O'quv rejasida fanga jami 140 soat ajratilgan bo'lib, shundan kuzgi semestrda buning 36 soati ma'ruza, 36 soati amaliy mashg'ulot, 68 soati mustaqil ta'lim uchun mo'ljallangan.

Talabalarni fan bo'yicha o'zlashtirishlarini baholash reyting tizimi asosida amalga oshiriladi va semestr davomida muntazam ravishda olib boriladi. Reyting ballari nazoratning alohida turlariga qarab, quyidagi tartibda taqsimlanadi:

Joriy baholash, oraliq baholash va yakuniy baholash. Joriy va oraliq baholash turiga ajratilgan ballar miqdori 70 ball, yakuniy baholashga esa 30 ball miqdorida belgilanadi. «Nazariy mexanika» fanidan talaba to'plashi mumkin bo'lgan maksimal ball 100 ballga teng, shundan joriy baholashga 36 ball, oraliq baholashga 34 ball, yakuniy baholashga 30 ball ajratilgan.

Joriy baholash uchun ajratilgan reyting ballari talabalarining amaliy darslardagi faolligi, hisob-grafik ishini va mustaqil ish uchun berilgan topshiriqlarni bajarganliklari, ko'rgazmali qurollar tayyorlaganliklari uchun qo'yiladi.

Oraliq baholashda talabalarining ma'ruza darslaridagi faolligi, mustaqil ish uchun berilgan topshiriqlarni bajarganliklari hisobga olinadi hamda har semestrda ikki marta oraliq nazorat (yozma ish, test yoki nazoratning boshqa turi) o'tkazilib, ularga ham tegishli ball ajratiladi.

Yakuniy baholash ballari 1-semestrda talabalarining test savollariga bergan javobi uchun, 2-semestrda grafik ishlari, test yoki nazoratning boshqa turi bo'yicha qo'yiladi.

Nizomga asosan talabalar bilimi berilgan nazariy va amaliy mashg'ulotlar materiallarini o'zlashtirishni hisobga olgan holda quyidagicha baholanadi:

- 86 – 100% (86 baldan 100 balgacha) «a'lo»;
- 71 – 85 % (71 baldan 85 balgacha) «yaxshi»;
- 55 – 70% (55 baldan 70 balgacha) «qoniqarli»;
- 55% dan kam (0 dan 55 balgacha) «qoniqarsiz».

6. Adabiyotlar.

1. Asosiy adabiyotlar.

1. Мирсаидов М.М., Воймуродова Л.И., Гиясова Н. Т. Назарий механика Олий ўқув юртлари талабалаги учун ўқув кўлланма. Тошкент, “Ўзбе кистон”, 1997й
2. Mirsaidova M.M., Boymurodova L. I., Nazariy mexanika Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. Toshkent O'zbekiston 2007,230 bet
3. Шохайдарова П., Шозиётов Т., Зоиров Ж. Назарий механика Т. Ўқитувчи, 1981 – 350 б
4. Рашидов Т. Р. Шозиётов Т., Мўминов К.В. Назарий механика асослаги. Т. Ўқитувчи., 1990—416
5. Мещерский И.В. Сборник задач по теогитической механике. М. Наука, 1986 44 бс
6. Мещерский И. В. Назарий механикадан масалалар тўплами. Русча 30 нашгига муфовиклаштирилган 2- нашги Ўқитувчи, 1969 446 б
7. Tarr C. M. Kраткий курс теогитической механики. М Наука, 1974 480 с

2. Qo'shimcha adabiyotlar.

1. Азиз-Қориев., С. К. Янгуразов Ш.Х. Назарий механикадан масалалар ечиш методикаси (Статика ва кинематика). Т. Ў. 1974 -220 б
2. Азиз-Қориев., С. К. Янгуразов Ш.Х. Назарий механикадан масалалар ечиш методикаси (Динамика). Т. Ў. 1974 -220 б
3. Воймуродова Л. И., Шульгина И. М. Назарий механикадан масалалар ечиш. Т. 1992 64б
4. Вразниченко Н. А., Канн В.Л. и др. Сборник задач по теогитической механике М. Высшая школа, 1974 432 с
5. Яблонский А.А., Нореико С.С., Волсон С. А. Сборник заданий для курсовых работ по теогитической механике. М. Высшая школа 1978г. 368 с
6. Ўрозбоев М. Назарий механика асосий курси Т. Ў. 1966й 660 б
7. К. В. Хусанов (А. А. Яблонский тағжимаси) назарий механикадан курс ишлагичи учун тошигиқлар тўплами. Т. Ў. 2002 й 416 б

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

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

«TASDIQLAYMAN»

O'quv ishlari bo'yicha prorektor

_____ dots.A. To'raqulov

«__» avgust 2012 yil

5320800 «Matbaa va qadoqlash jarayonlari texnologiyasi»
bakalavriat ta'lim yo'nalishi uchun

«Nazariy mexanika» fanidan

ISHCHI O'QUV DASTUR

Ishchi o'quv dastur O'zbekiston Milliy Universiteti tomondan 2008 yil 24 avgustda tuzilgan BD-54402 raqam bilan ro'yhatga olingan va O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligini 2008 yil 23 avgustdagi 263 sonli buyrug'I bilan tasdiqlangan namunaviy o'quv dasturi asosida tuzildi.

Ishchi o'quv dastur «Umumtexnika fanlari» kafedrasining 2012 yil ____ avgustdagi 1-sonli yig'ilishida muhokama etildi va ma'qullandi.

Tuzuvchilar:

t.f.n., dots. X. Isaxanov

t.f.n., dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

t.f.n., dots. M. Tojiboev

Kelishildi:

“Kimyo-texnologiya” kafedrasini mudiri:

t.f.n., dots. O. Ergashev

Ishchi o'quv dastur institut o'quv-uslubiy kengashining 2012 yil ____ avgustdagi yig'ilishida ko'rib chiqildi va 1-sonli bayonnoma bilan tasdiqlandi.

Namangan-2012 yil

Kirish

Ushbu ishchi o'quv dastur Matbaa va qadoqlash jarayonlari texnologiyasi ta'lim yo'nalishlari uchun O'zR OO'MTV tomonidan tasdiklangan DTS va "Nazariy mexanika" fani bo'yicha tasdiklangan namunaviy dasturlar asosida tuzilgan.

Nazariy mexanika fani yukorida kursatilgan bakalavriat yunalishlari uchun asosiy fanlardan biri bo'lib, yukori kurslarda o'tiladigan mexanika ("Materiallar qarshiligi", "Mashina va mexanizmlar nazariyasi", "Mashina detallari", "Amaliy mexanika" fanlari uchun kerak bo'ladigan klassik mexanikaning boshlangich va fundamental tushunchalarini o'rgatadi.

O'quv fanining maqsad va vazifalari

Nazariy mexanika fani fizika va matematika fanlari singari fundamental fanlarning biri sifatida o'rganiladi. To'kimachilik sanoati soxasining turli bakalavriat yo'nalishlari uchun o'tiladigan deformatsiyalanuvchi qattiq jismlar mexanikasi, materiallar qarshiligi, kurilish mexanikasi, gidravlika, amaliy, boshka umummuhandislik fanlarini o'qitish uchun klassik mexanikaning statika, kinematika va dinamika kismalaridagi asosiy va fundamental tushunchalar, mexanikaning asosiy qonunlari va printsiplari bilan tanishtiradi.

Fan bo'yicha talabalarning bilimiga, ko'nikma va malakasiga qo'yiladigan talablar.

Bo'lajak mutaxassisning nazariy mexanika fanini o'rganishi - uni kelgusi ilmiy-texnika taraqqiyoti jarayonida uchraydigan mexanik muammolarni mustaqil ravishda hal qilishi uchun asosiy-fundamental baza yaratadi. SHu bilan birga nazariy mexanikani o'rganish, bo'lajak mutaxassisning dunyoqarashini, va fikrlash qobiliyatini o'stirishga yordam beradi. Nazariy mexanikani o'rganish jarayonida talaba mexanikaning (statikaning, kinematikaning, dinamikaning) asosiy, tushunchalarini va qonunlarini, hamda shu qonunlardan kelib chiqadigan hulosalarni, moddiy nuqta, qattiq jism muvozanati va harakatini aniqlashda va dinamikasini bagolashda qo'llashi lozim. Talaba olgan bilimni nazariy mexanikaning aniq masalalarini echishda, shuningdek nazariy mexanika asosida o'rganiladigan maxsus fanlarni mukammal o'zlashtirishda to'la tatbiq eta olishi zarur.

Fanni o'rganish uchun o'zlashtirishi zarur bo'lgan fanlar :

Nazariy mexanika fani Oliy matematika, chizmachilik va fizika fanlaridan olingan bilimlarga tayangan holda nuqta yoki moddiy nuqtalar sistemasining matematik modelini kurib, bu sistemada sodir bo'layotgan statik, kinematik va dinamik jarayonlarni ilmiy nuqtai

nazaridan taxlil qiladi. SHu sababli talabalardan matematika, chizmachilik va fizika fanlarini to'la o'zlashtirishlari talab qilinadi.

Talabalar fanni o'zlashtirishi uchun nazariy mexanikaning quyidagi qismlarini: qattiq jism statikasi; qattiq jism kinematikasi; dinamikaning umumiy teoremlari; analitik mexanika; tebranishlar nazariyasi va mexanika printsiplari qismlarini to'liq o'zlashtirishlari zarur.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

Talabalarning bu fanni o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullardan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muxim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashg'irishda darslik, o'quv qo'llanmalar va ma'ruzalar matnlari va ularning elektron versiyalaridan, OO'Yu ma'lumotlar elektron bazasidan, komp yuter hamrohligida o'quv mashg'ulotlarini tashkil kilishda foydalaniladi. Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda mavzularga mos ravishdagi ilg'or pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi.

1. Fanning hajmi

№	Mashg'ulot	Shartli belgi	Soatlar	Semestr	
				3	3-semestr
1.	Ma'ruza	M	36	36	
2.	Amaliy mashg'ulot	A	36	36	
3.	Mustaqil ish	MI	72	72	
	Jami		144	144	

«Nazariy mexanika» fanidan o'tiladigan ma'ruzalar mavzusi va ularga ajratilgan soatlar

№	Fan mavzular nomi	Soat
1-semestr		
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2
2	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni	2
3	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.	2
4	Kuch. Kuchlar sistemasi.	2
5	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.	2
6	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi	2
7	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.	2
8	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.	2
9	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.	2
10	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.	2
11	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.	2
12	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.	2
13	Moddiy nuqtaning tebranma harakati.	2
14	Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari	2

15	Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.	2
16	Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.	2
17	Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema.	2
18	Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.	2
	3-semestr bo'yicha jami:	36 soat
	Xammasi:	36 soat

«Nazariy mexanika» fanidan o'tiladigan amaliy mashg'ulotlar mavzusi va ularga ajratilgan soatlar.

№	Fan mavzular nomi	Soat
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2
2	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.	2
3	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.	2
4	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2
5	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2
6	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.	2
7	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.	2
8	Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.	2
9	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2
10	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.	2
11	Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.	2
12	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.	2
13	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.	2
14	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2
15	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2
16	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.	2
17	Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.	2
18	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarnin erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2
	Jami	36 soat

Ma'ruza va amaliy mashg'ulotlar bo'yicha mustaqil ish mavzulari.

No	Mavzular nomi
	I. Ma'ruza darslari bo'yicha:
1	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni
2	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.
3	Kuch. Kuchlar sistemasi.
4	Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish.
5	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.
6	Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi.
7	Ixtiyoriy kuchlar sistemasi Kuchni berilgan markazga keltirish.
8	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi
9	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.
10	Parallel kuchlar. Ogirlik markazi.
11	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.
12	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.
13	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.
14	qattiq jism sodda harakatlari.
15	CHiziqli tezlik va tezlanish vektori.
16	qattiq jismning tekis parallel harakati.
17	Moddiy nuqtaning murakkab harakati.
18	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.
19	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.
	Jami ma'ruza bo'yicha 36 soat
	II. amaliy darslari bo'yicha:
1	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,
2	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.
3	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.
4	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
5	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.
6	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.
7	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.
8	qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.
9	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
10	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.
11	Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.
12	Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
13	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.
14	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
15	Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.

16	Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
17	Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.
18	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.
19	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.
20	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.
21	Nuqaga ta'sir qiluvchi berilgan kuchlarga asosan nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir masalalar echish.
	Jami amaliy mashg'ulotlari bo'yicha 36 soat
	Jami 72 soat

2. Ma'ruza mashg'ulotlari mavzulari. (36 soat)

1-mavzu. Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

2-mavzu. Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

3-mavzu. Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

4-mavzu. Kuch. Kuchlar sistemasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

5-mavzu. Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

6-mavzu. Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

7-mavzu. Dumalanishdagi ishqalanish kuchi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

8-mavzu. Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

9-mavzu. Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

10-mavzu. Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

11-mavzu. Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

12-mavzu. Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

13-mavzu. Moddiy nuqtaning tebranma harakati. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

14-mavzu. Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

15-mavzu. Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

16-mavzu. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlarish qonuni. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

17-mavzu. Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

18-mavzu. Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

Ma'ruza mashg'ulotlari bo'yicha ON larni baholash mezon:

Ma'ruza mashg'ulotlari bo'yicha jami 34 ball ajratilgan bo'lib, 2 ta ON lar o'tkaziladi:

- 6) 1-ON uchun maksimal ball – 17 ball, o'tkazish shakli – test yoki yozma ish topshiriqlari.

Baholash mezon quyidagicha:

- test yoki yozma ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 13 ball;
- mustaqil ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 4 ball.
-

- 7) 2-ON uchun maksimal ball – 17 ball, o'tkazish shakli – test yoki yozma ish topshiriqlari.

Baholash mezon quyidagicha:

- test yoki yozma ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 13 ball;
- mustaqil ish topshiriqlarini to'la bajarganligi uchun – 4 ball.

3. Amaliy mashg'ulotlar mavzulari. (36 soat)

1-mavzu. Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

2-mavzu. Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

3-mavzu. Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

4-mavzu. Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

5-mavzu. Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

6-mavzu. Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 1, 2, 3, 4, 5, 6

7-mavzu. Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash. (2 soat)

Adabiyotlar: 6, 7, 8, 9

8-mavzu. Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

9-mavzu. Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

10-mavzu. Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi

aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

11-mavzu. Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

12-mavzu. Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

13-mavzu. Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

14-mavzu. Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

15-mavzu. Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

16-mavzu. Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

17-mavzu. Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

18-mavzu Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarining erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish. (2 soat)

Adabiyotlar: 7, 8, 9

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha JN larni baholash mezonlari:

Amaliy mashg'ulotlar bo'yicha jami – 36 ball ajratilgan bo'lib, 4 ta JN lar o'tkaziladi:

5) 1-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 1-9 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

6) 2-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 10-18 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob-grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

3) 3-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 19-27 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

4) 4-JN uchun maksimal ball – 9 ball. Baholash mezonlari quyidagicha:

- 28-36 amaliy mashg'ulotlar bo'yicha nazariy bilimlarga ega bo'lganligi uchun – 2 ball;
- hisob- grafik ishlarini bajarganligi uchun – 5 ball.
- mustaqil ishlarni topshirganligi uchun – 2 ball.

4. Tavsiya etilayotgan mavzular bo'yicha ko'rgazma-namoyish materiallari, o'quv filmlari va boshqa didaktik materiallar ro'yxati.

«Nazariy mexanika» fanini o'rganuvchi talabalar auditoriyada olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash uchun mustaqil ta'lim tizimiga asoslanib, kafedra o'qituvchilari rahbarligida, o'quv rejasiga muvofiq mustaqil ta'lim oladilar.

«Nazariy mexanika» fanini o'rganishda talabalar amaliy yordam sifatida fan bo'yicha ma'ruza matnidagi shakliy va raqamli ma'lumotlarni oldindan tayyorlab ularga etkaziladi (bu o'qituvchining vaqtini tejab, talabalarni ortiqcha yozishdan ozod qiladi); test savollarini tuzib tarqatiladi; «Tayanch» iboralar ishlab chiqib, ularning talabalar tomonidan mukammal o'zlashtirishlarini ta'minlanadi.

Talabalar «Nazariy mexanika» fanini o'rganishda axborot vositalaridan, ya'ni internet tizimidan ham keng foydalanadilar.

5. O'zlashtirish nazorati.

O'quv rejasida fanga jami 144 soat ajratilgan bo'lib, shundan kuzgi semestrda buning 36 soati ma'ruza, 36 soati amaliy mashg'ulot, 72 soati mustaqil ta'lim uchun mo'ljallangan.

Talabalarni fan bo'yicha o'zlashtirishlarini baholash reyting tizimi asosida amalga oshiriladi va semestr davomida muntazam ravishda olib boriladi. Reyting ballari nazoratning alohida turlariga qarab, quyidagi tartibda taqsimlanadi:

Joriy baholash, oraliq baholash va yakuniy baholash. Joriy va oraliq baholash turiga ajratilgan ballar miqdori 70 ball, yakuniy baholashga esa 30 ball miqdorida belgilanadi. «Nazariy mexanika» fanidan talaba to'plashi mumkin bo'lgan maksimal ball 100 ballga teng, shundan joriy baholashga 36 ball, oraliq baholashga 34 ball, yakuniy baholashga 30 ball ajratilgan.

Joriy baholash uchun ajratilgan reyting ballari talabalarining amaliy darslardagi faolligi, hisob-grafik ishini va mustaqil ish uchun berilgan topshiriqlarni bajarganliklari, ko'rgazmali qurollar tayyorlaganliklari uchun qo'yiladi.

Oraliq baholashda talabalarning ma'ruza darslaridagi faolligi, mustaqil ish uchun berilgan topshiriqlarni bajarganliklari hisobga olinadi hamda har semestrda ikki marta oraliq nazorat (yozma ish, test yoki nazoratning boshqa turi) o'tkazilib, ularga ham tegishli ball ajratiladi.

Yakuniy baholash ballari 1-semestrda talabalarning test savollariga bergan javobi uchun, 2-semestrda grafik ishlari, test yoki nazoratning boshqa turi bo'yicha qo'yiladi.

Nizomga asosan talabalar bilimi berilgan nazariy va amaliy mashg'ulotlar materiallarini o'zlashtirishni hisobga olgan holda quyidagicha baholanadi:

- 86 – 100% (86 baldan 100 balgacha) «a'lo»;
- 71 – 85 % (71 baldan 85 balgacha) «yaxshi»;
- 55 – 70% (55 baldan 70 balgacha) «qoniqarli»;
- 55% dan kam (0 dan 55 balgacha) «qoniqarsiz».

6. Adabiyotlar.

1. Asosiy adabiyotlar.

1. Мирсаидов М.М., Воймуродова Л.И., Гиясова Н. Т. Назгий механика Олий ўқув юртлари талабалаги учун ўқув қўлланма. Тошкент, “Ўзбе кистон”, 1997й
2. Mirsaidova M.M., Boymurodova L. I., Nazariy mexanika Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. Toshkent O'zbekiston 2007,230 bet
3. Шохайдарова П., Шозиётов Т., Зоиров Ж. Назарий механика Т. Ўқитувчи , 1981 – 350 б
4. Рашидов Т. R. Шозиётов Т., Мўминов К.В. Назарий механика асослаги. Т. Ўқитувчи., 1990—416
5. Мещерский И.В. Сборник задач по теогитической механике. М. Наука, 1986 44 бс
6. Мещерский И. В. Назгий механикадан масалалар тўплами. Русча 30 нашига муфовиклаштирилган 2- наши Ўқитувчи, 1969 446 б
7. Тагг С. М. Краткий курс теогитической механики. М Наука, 1974 480 с

2. Qo'shimcha adabiyotlar.

1. Азиз-Қориев., С. К. Янгуразов Ш.Х.Назарий механикадан масалалар ечиш методикаси (Статика ва кинематика). Т. Ў. 1974 -220 б
2. Азиз-Қориев., С. К. Янгуразов Ш.Х.Назарий механикадан масалалар ечиш методикаси (Динамика). Т. Ў. 1974 -220 б
3. Воймуродова Л. И., Шульгина И. М. Назарий механикадан масалалар ечиш. Т. 1992 64б
4. Вращиченко Н. А., Канн В.Л. и др. Сборник задач по теоретической механике М. Высшая школа, 1974 432 с
5. Яблонский А.А.,Норейко С.С., Волсон С. А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. М. Высшая школа1978г. 368 с
6. Ўрозбоев М. Назарий механика асосий курси Т. Ў. 1966й 660 б
7. К. В. Хусанов (А. А. Яблонский таъжмиси) назарий механикадан курс ишлари учун тошиқлар тўплами. Т. Ў. 2002 й 416 б
8. <ftp://ftp2.natm.ru>
9. <ftp://ftp2.natm.ru/incomingXXI/=For People=/c3.rar>

DASTURIY MATERIALLARNI BAJARISH
TAQVIMIY REJASI
 (ma`ruza)

1. Fanning nomi: Nazariy mexanika	1. Fakultet: Muhandislik-texnologiya
2. Ma`ruzachi: dots. A. Karimov	2. Kurs: 2
3. Maslaxat va amaliy mashg'ulotlar olib boruvchi:	3. Guruh: 3u,3au-11
dots. A. Karimov	
4. Nazorat ishlarini oluvchi	4. Semestr: 3
Joriy va oraliq nazoratlarni:	
Yakuniy nazorat: yozma	

№	Mashg'ulot turi	Mashg'ulotlarning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilganligi		
				Sana	O'tilgan soatlar soni	O'qituvchining imzosi
1	2	3	4	5	6	7
1	Ma'ruza	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2		2	
2	Ma'ruza	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni	2		2	
3	Ma'ruza	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.	2		2	
4	Ma'ruza	Kuch. Kuchlar sistemasi.	2		2	
5	Ma'ruza	Kesishuvchi kuchlar sistemasi. Kesishuvchi kuchlar sistemasini geometrik qo'shish.	2		2	
6	Ma'ruza	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.	2		2	
7	Ma'ruza	Kesishuvchi kuchlar uchun Varin'on teoremasi. Kuchning nuqtaga nisbatan momentini vektorligi.	2		2	
8	Ma'ruza	Ixtiyoriy kuchlar sistemasi Kuchni berilgan markazga keltirish.	2		2	
9	Ma'ruza	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi	2		2	
10	Ma'ruza	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.	2		2	
11	Ma'ruza	Parallel kuchlar. Ogirlik markazi.	2		2	
12	Ma'ruza	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.	2		2	
13	Ma'ruza	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.	2		2	
14	Ma'ruza	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.	2		2	
15	Ma'ruza	qattiq jism sodda harakatlari.	2		2	
16	Ma'ruza	CHiziqli tezlik va tezlanish vektori.	2		2	
17	Ma'ruza	qattiq jismning tekis parallel harakati.	2		2	
18	Ma'ruza	Moddiy nuqtaning murakkab harakati.	2		2	

19	Ma'ruza	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.	2		2	
20	Ma'ruza	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.	2		2	
21	Ma'ruza	Moddiy nuqtaning tebranma harakati.	2		2	
22	Ma'ruza	Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari	2		2	
23	Ma'ruza	Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.	2		2	
24	Ma'ruza	Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.	2		2	
25	Ma'ruza	Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema.	2		2	
26	Ma'ruza	Mexanik energiyaning saqlanish qonuni qattiq jismning tekis parallel harakati.	2		2	
27	Ma'ruza	Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.	2		2	
		3-semestr bo'yicha jami:	54		54	
		Xammasi:	54		54	

Bajaruvchi:

dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

dots. M. Tojiboyev

O'quv ishlar bo'yicha dekan muovini:

A. Maxmudov

DASTURIY MATERIALLARNI BAJARISH
TAQVIMIY REJASI
(amaliy mashg'ulot)

1. Fanning nomi: Nazariy mexanika	1. Fakultet: Muhandislik-texnologiya
2. Ma'ruzachi: dots. A. Karimov	2. Kurs: 2
3. Maslaxat va amaliy mashg'ulotlar olib boruvchi: dots. A. Karimov	3. Guruh: 3u,3au-11
4. Nazorat ishlarini oluvchi Joriy va oraliq nazoratlarni: Yakuniy nazorat: yozma	4. Semestr: 3

№	Mashg'ulot turi	Mashg'ulotlarning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilganligi		
				Sana	O'tilgan soatlar soni	O'qituvchining imzosi
1	2	3	4	5	6	7
1	amaliy mashg'ulotlar	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2		2	
2	amaliy mashg'ulotlar	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.	2		2	
3	amaliy mashg'ulotlar	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
4	amaliy mashg'ulotlar	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
5	amaliy mashg'ulotlar	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
6	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
7	amaliy mashg'ulotlar	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.	2		2	
8	amaliy mashg'ulotlar	qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.	2		2	
9	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
10	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
11	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismning tekis parallel harakatining harakat tenglamalarini aniqlash va qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	

12	amaliy mashg'ulotlar	Tekis parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
13	amaliy mashg'ulotlar	Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.	2		2	
14	amaliy mashg'ulotlar	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jism ixtiyoriy nuqtasining tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
15	amaliy mashg'ulotlar	Murakkab harakatdagi nuqtaning harakat qonuni, nisbiy tezlik, ko'chirma tezlik va absolyut tezliklarini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
16	amaliy mashg'ulotlar	Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy, ko'chirma va absolyut tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
17	amaliy mashg'ulotlar	Murakkab harakatdagi qattiq jismning absolyut tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
18	amaliy mashg'ulotlar	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.	2		2	
19	amaliy mashg'ulotlar	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.	2		2	
20	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
21	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
22	amaliy mashg'ulotlar	Nuqaga ta'sir qiluvchi berilgan kuchlarga asosan nuqtaning harakat qonunini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
23	amaliy mashg'ulotlar	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2		2	
24	amaliy mashg'ulotlar	Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2		2	
25	amaliy mashg'ulotlar	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.	2		2	
26	amaliy mashg'ulotlar	Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.	2		2	
27	amaliy mashg'ulotlar	Sistema massalar markazining harakati haqidagi teorema asosan masalalar echish.	2		2	
28	amaliy mashg'ulotlar	Sistema harakat miqdori va sistema harakat miqdorining o'zgarish haqidagi teorema asosan masalalar echish.	2		2	

29	amaliy mashg'ulotlar	Sistema harakat miqdori momenti va sistema harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema doir masalalar echish.	2		2	
30	amaliy mashg'ulotlar	Sistema kinetik energiyasi va sistema kinetik energiyasining o'zga-rishi haqidagi teorema doir masalalar echish.	2		2	
31	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismning tekis parallel harakat differentsial tenglamalariga doir masalalar echish.	2		2	
32	amaliy mashg'ulotlar	Nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber printsipiga doir masalalar echish.	2		2	
33	amaliy mashg'ulotlar	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning aylanish o'qiga ko'rsa-tadigan bosimini va statik, dinamik bosimlarni aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
34	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning va qattiq jismning xarakatini ularga qo'yilgan boglanishlarni hisobga olingan holda tekislikdagi va fazodagi holatini to'la va sifatli tekshirish.	2		2	
35	amaliy mashg'ulotlar	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarnin erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
36	amaliy mashg'ulotlar	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarnin erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
			72		72	

Bajaruvchi:

dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

dots. M. Tojiboyev

O'quv ishlar bo'yicha dekan muovini:

A. Maxmudov

DASTURIY MATERIALLARNI BAJARISH
TAQVIMIY REJASI
 (ma`ruza)

1. Fanning nomi: Nazariy mexanika	1. Fakultet: Muhandislik-texnologiya
2. Ma`ruzachi: dots. A. Karimov	2. Kurs: 2
3. Maslaxat va amaliy mashg'ulotlar olib boruvchi:	3. Guruh: 8u,8au-11
dots. A. Karimov	
4. Nazorat ishlarini oluvchi	4. Semestr: 3
Joriy va oraliq nazoratlarni:	
Yakuniy nazorat: yozma	

№	Mashg'ulot turi	Mashg'ulotlarning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilganligi		
				Sana	O'tilgan soatlar soni	O'qituvchining imzosi
1	2	3	4	5	6	7
1	Ma'ruza	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2		2	
2	Ma'ruza	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni	2		2	
3	Ma'ruza	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.	2		2	
4	Ma'ruza	Kuch. Kuchlar sistemasi.	2		2	
5	Ma'ruza	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.	2		2	
6	Ma'ruza	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi	2		2	
7	Ma'ruza	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.	2		2	
8	Ma'ruza	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.	2		2	
9	Ma'ruza	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.	2		2	
10	Ma'ruza	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.	2		2	
11	Ma'ruza	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.	2		2	
12	Ma'ruza	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.	2		2	
13	Ma'ruza	Moddiy nuqtaning tebranma harakati.	2		2	
14	Ma'ruza	Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari	2		2	
15	Ma'ruza	Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.	2		2	
16	Ma'ruza	Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.	2		2	
17	Ma'ruza	Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat	2		2	

		miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema.				
18	Ma'ruza	Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.	2		2	
		3-semestr bo'yicha jami:	36		36	
		Xammasi:	36		36	

Bajaruvchi:

dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

dots. M. Tojiboyev

O'quv ishlar bo'yicha dekan muovini:

A. Maxmudov

DASTURIY MATERIALLARNI BAJARISH
TAQVIMIY REJASI
(amaliy mashg'ulot)

1. Fanning nomi: Nazariy mexanika	1. Fakultet: Muhandislik-texnologiya
2. Ma'ruzachi: dots. A. Karimov	2. Kurs: 2
3. Maslaxat va amaliy mashg'ulotlar olib boruvchi:	3. Guruh: 3u,3au-11
dots. A. Karimov	
4. Nazorat ishlarini oluvchi	4. Semestr: 3
Joriy va oraliq nazoratlarni:	
Yakuniy nazorat: yozma	

№	Mashg'ulot turi	Mashg'ulotlarning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilganligi		
				Sana	O'tilgan soatlar soni	O'qituvchining imzosi
1	2	3	4	5	6	7
1	amaliy mashg'ulotlar	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2		2	
2	amaliy mashg'ulotlar	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.	2		2	
3	amaliy mashg'ulotlar	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
4	amaliy mashg'ulotlar	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
5	amaliy mashg'ulotlar	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
6	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
7	amaliy mashg'ulotlar	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.	2		2	
8	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.	2		2	
9	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
10	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
11	amaliy mashg'ulotlar	Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.	2		2	
12	amaliy mashg'ulotlar	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.	2		2	

13	amaliy mashg'ulotlar	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.	2		2	
14	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
15	amaliy mashg'ulotlar	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2		2	
16	amaliy mashg'ulotlar	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.	2		2	
17	amaliy mashg'ulotlar	Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.	2		2	
18	amaliy mashg'ulotlar	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
19	amaliy mashg'ulotlar	Jani	2		2	
			36		36	

Bajaruvchi:

dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

dots. M. Tojiboyev

O'quv ishlar bo'yicha dekan muovini:

A. Maxmudov

DASTURIY MATERIALLARNI BAJARISH TAQVIMIY REJASI

(ma'ruza)

1. Fanning nomi: Nazariy mexanika	1. Fakultet: Muhandislik-texnologiya
2. Ma'ruzachi: dots. A. Karimov	2. Kurs: 2
3. Maslaxat va amaliy mashg'ulotlar olib boruvchi: dots. A. Karimov	3. Guruh: 5u-11
4. Nazorat ishlarini oluvchi Joriy va oraliq nazoratlarni: Yakuniy nazorat: yozma	4. Semestr: 3

№	Mashg'ulot turi	Mashg'ulotlarning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilganligi		
				Sana	O'tilgan soatlar soni	O'qituvchining imzosi
1	2	3	4	5	6	7
1	Ma'ruza	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2		2	
2	Ma'ruza	Fazo, vaqt va kuch tushunchalarini mexanikadagi o'rni	2		2	
3	Ma'ruza	Statika. Qattiq jism statikasi va statikaning asosiy aksiomalari.	2		2	
4	Ma'ruza	Kuch. Kuchlar sistemasi.	2		2	
5	Ma'ruza	Momentlar nazariyasi Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.	2		2	
6	Ma'ruza	Ishqalanish kuchi. Sirkanishdagi ishqalanish kuchi	2		2	
7	Ma'ruza	Dumalanishdagi ishqalanish kuchi.	2		2	
8	Ma'ruza	Kinematika Moddiy nuqta kinematikasi.	2		2	
9	Ma'ruza	Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish.	2		2	
10	Ma'ruza	Moddiy nuqta harakati koordinata usulda berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash.	2		2	
11	Ma'ruza	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari.	2		2	
12	Ma'ruza	Dinamika qonunlari. Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi.	2		2	
13	Ma'ruza	Moddiy nuqtaning tebranma harakati.	2		2	
14	Ma'ruza	Mexanik sistema va moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari	2		2	
15	Ma'ruza	Inertsia markazi harakatining saqlanish qonuni. Kuch impul'si.	2		2	
16	Ma'ruza	Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni.	2		2	
17	Ma'ruza	Moddiy nuqta va mexanik sistemaharakat	2		2	

		miqdorining momenti. Mexanik sistema va moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema.				
18	Ma'ruza	Dinamikaning umumiy tenglamasi. Lagranjning II tur tenglamalari.	2		2	
		3-semestr bo'yicha jami:	36		36	
		Xammasi:	36		36	

Bajaruvchi:

dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

dots. M. Tojiboyev

O'quv ishlar bo'yicha dekan muovini:

A. Isakov

DASTURIY MATERIALLARNI BAJARISH TAQVIMIY REJASI

(amaliy mashgulot)

1. Fanning nomi: Nazariy mexanika	1. Fakultet: Kimyo-texnologiya
2. Ma`ruzachi: dots. A. Karimov	2. Kurs: 2
3. Maslaxat va amaliy mashg'ulotlar olib boruvchi: dots. A. Karimov	3. Guruh: 5u-11
4. Nazorat ishlarini oluvchi Joriy va oraliq nazoratlarni: Yakuniy nazorat: yozma	4. Semestr: 3

№	Mashg'ulot turi	Mashg'ulotlarning nomi va qisqacha mazmuni	Ajratilgan soat	Bajarilganligi		
				Sana	O'tilgan soatlar soni	O'qituvchining imzosi
1	2	3	4	5	6	7
1	amaliy mashg'ulotlar	Kirish. Nazariy mexanika fani va uning bo'limlari,	2		2	
2	amaliy mashg'ulotlar	Tekislikdagi kesishuvchi kuchlarning muvozanati va uch kuch muvozanatiga oid masalalar echish.	2		2	
3	amaliy mashg'ulotlar	Ikki jismdan iborat kurilmalarning muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
4	amaliy mashg'ulotlar	Tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
5	amaliy mashg'ulotlar	Fazoda kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatiga doir masalalar echish.	2		2	
6	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismlarning ogirlik markazini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
7	amaliy mashg'ulotlar	Kinematika. Nuqtaning traektoriya tenglamasi, harakat tenglamalari, tezlik va tezlanishini aniqlash.	2		2	
8	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlash.	2		2	
9	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning harakat qonunidan tezlik va tezlanishini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
10	amaliy mashg'ulotlar	Qattiq jismning ilgarilanma harakati va qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatlarida uning kinematik parametrlarini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
11	amaliy mashg'ulotlar	Qo'zgalmas o'q atrofida aylanuvchi jismning burchak tezligi va burchak tezlanishini aniqlash.	2		2	
12	amaliy mashg'ulotlar	Dinamika Nuqta harakat differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash masalasi.	2		2	

13	amaliy mashg'ulotlar	Harakatning birinchi integrallari. Nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakatini tekshirish.	2		2	
14	amaliy mashg'ulotlar	Nuqtaning berilgan harakat qonuniga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
15	amaliy mashg'ulotlar	Moddiy nuqtaning erkin va so'nuvchi tebranma harakatiga doir masalalar echish.	2		2	
16	amaliy mashg'ulotlar	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massalar markazini aniqlash, jismlarning inertsia momentlarini hisoblash va sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari yordamida sistema harakatini tekshirish.	2		2	
17	amaliy mashg'ulotlar	Sistema massalar markazini va jismlarning inertsia momentlarini hisoblashga doir masalalar echish.	2		2	
18	amaliy mashg'ulotlar	Jismlarning boglanish tenglamalarini tuzish va ular orkali jismlarning erkinlik darajasini aniqlashga doir masalalar echish.	2		2	
19	amaliy mashg'ulotlar	Jani	2		2	
			36		36	

Bajaruvchi:

dots. A. Karimov

Kafedra mudiri:

dots. M. Tojiboyev

O'quv ishlar bo'yicha dekan muovini:

A. Isakov

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



**NAMANGAN MUHANDISLIK - TEHNOLOGIYA
INSTITUT**

**«UMUM TEXNIKF FANLARI»
KAFEDRASI**

**«NAZARIY MEXANIKA»
FANIDAN**

**MA'RUZALAR
MATNI**

Kirish

Fanni o'rganish vazifalari

«Nazariy mexanika» fanini o'rganish jarayonida bakalavr:

- mexanikaning asosiy tushuncha va qonunlarini puxta egallashi;
- bu qonunlarni moddiy nuqta, qattiq jism, mexanik sistemaning muvozanat va harakatini aniqlashda qo'llay bilishi;
- jismlarning muvozanati va harakatini o'rganishda qo'shimcha usullarni yaratishi va bu usullarni konchilik sanoatida tadbiq eta bilishi;
- dvigatellarning asosiy detal va uzellarini hisoblash;
- jism nuqtalarining harakat traektoriyalarini aniqlash;
- jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlashning yangi usullarini bilishi kerak;

Qo'yilgan vazifalar o'qish jarayonida talabalarning ma'ruza va amaliy mashg'ulotlarda faol ishtirok etishi, kurs ishi (hisob – grafika ishi)ni bajarishda ijodiy yondashishi, adabiyotlar bilan mustaqil ishlashi va o'qituvchi kuzatuvda mustaqil ta'lim olishi bilan amalga oshadi.

Dasturni amalga oshirish.

Dasturni amalga oshirish bakalavriaturaning «Konchilik ishi» va «Konchilik elektr mexanikasi» ta'lim yo'nalishida o'qish jarayonida talabaning o'rta maktab, litsey va kasb-hunar kollejlarida olgan bilimlari ayniqsa matematika va fizika fanlaridan olgan bilimlariga va fanni o'qitish jarayonida beriladigan ma'lumotlarga asoslanadi.

Fanni o'qitishda yangi informatsion – pedagogik texnologiyalar.

Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv qo'llanma, ma'ruza matnlari va ularning elektron versiyalari hamda internet tizimidan foydalaniladi. Keyingi vaqtlarda mexanikani, fizikani va texnikaga oid boshqa fanlarni bayon etishda vektor hisoblarini qo'llash tobora kengaymoqda. Vektor hisobi qo'llanilishi natijasida murakkab formulalar sodda holga keladi va ularning fizik ma'nosi yaqqol ko'rinadi.

Nazariy mexanika masalalarini yechishda kompyutor texnologiyasidan foydalanish, muhandislik hisoblarini qisqa muddatda aniq va sifatli bajarishga, ularni ko'p variantlilik asosida olib borishga imkon beradi.

Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar

”Nazariy mexanika” o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 1: Mexanika fani. Statikaning asosiy tushunchalari. Bog'lanishlar

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	<i>Ma'ruza</i>
<i>Ma'ruza rejasi:</i>	Mexanika fani, uni rivojlanishining qisqacha tarixi, mazmuni, maksadi, vazifalari, tushunchalari va aksiomalari Statika predmeti. Statikaning asosiy tushunchalari. Mutloq (absolyut) qattiq jism, muqobil (ekvivalent) va muvozanatdagi kuchlar sistemalari, teng ta'sir etuvchi, muvozanatlovchi kuch. Statika aksiomalari. Bog'lanishlar va bog'lanish reaksiyalari. Bog'lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda statikaning asosiy tushunchalari,

	aksiomalari, bog'lanish reaksiyalarini to'qimachilik sanoatidagi tadbirini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Mutloq (absolyut) qattiq jism, muvozanatdagi kuchlar sistema-lari tushunchasini berish - Bog'lanishlarning texnikadagi roli masalasi - Reaksiya kuchlariga oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Mutloq (absolyut) qattiq jism, muvozanatdagi kuchlar sistemalari, bog'lanishlarning asosiy turlari va ularning reaksiya kuchlari tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

1 ma'ruza

1-Mavzu: Nazariy mexanika fani, qisqacha tarixi, maqsadi, vazifalari, tushunchalari va aksiomalari.

Mavzuning rejasi

- 1. Kuch tushunchasi**
- 2. Mexanika rivojlanishining asosiy bosqichlari**
- 3. Statika aksiomalari.**
- 4. Erkin, qisman erkin va mutloq erksiz jismlar.**
- 5. Bog'lanish, ularning turlari va bog'lanish reaksiyalari.**
- 6. Bog'lanishlar aksiomasi.**

Mavzuning maqsadi: Qadim zamonlardan beri, necha-necha olimlar moddiy nuqtalarning, ayniqsa qattiq jismlarning harakat qilish sabablarini, harakatlarining o'zgarish qonuniyatlarini, qaysi hollardaular muvozanat holatlarda bo'lishlik sabablarini va uning sirlarini aniqlash ustida bosh qotirganlar.

Necha-necha olimlar turli xil mashinalar, me'morlar esa tarixiy inshootlar qurganlar, ba'zilariniki o'sha davrlardayoq sinib ketgan yoki qulab tushgan, ba'zilar ancha muddatgacha yaxshi ishlagan va saqlangan, ba'zilar esa xozirgi kungacha ham o'z mustahkamligini va ishlash qobiliyatlarini yo'qotmaganlar.

Lekin ularning birortasi ham shu qurgan mashinalarining yoki inshootlarining mustahkamligining nazariy asoslarini isbotlab, tushuntirib bera olmaganlar. Quyida shunday masalalarni nazariy asoslarini tushuntirib berish bilan shug'ullanamiz.

Tayanch iboralar: Kuch, kuch vektori, kuchning ta'sir chizig'i, vektorning moduli, absolyut qattiq jism, statika, aksioma, muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasi, uchrashuvchi kuchlar sistemasi, teng ta'sir etuvchi kuch, erkin jismlar, qisman erkin jismlar, bog'lanishlar, bog'lanishlar reaksiyasi, bog'lanishlar aksiomasi.

Mavzuning bayoni: Nazariy mexanika fani, maqsadi va vazifalari xaqida qo'llanmaning boshida yetarlicha ma'lumot berilgan, shuning uchun og'zaki ravishda har bir yo'nalishlar uchun ularga yaqin bo'lgan texnikaga oid qo'shimcha malumotlar bilan boyitib boriladi.

Nazariy mexanika fani moddiy jismlarning harakatlanish qonuniyatlarini yoki ularni muvozanatda bo'lish sabablarini o'rgatadi. Nazariy mexanikada barcha jismlar absolyut qattiq deb qabul qilinadi, yahni jismlar harakat davomida yoki muvozanat uolatida o'zining shaklini o'zgartirmaydi deb faraz qilinadi.

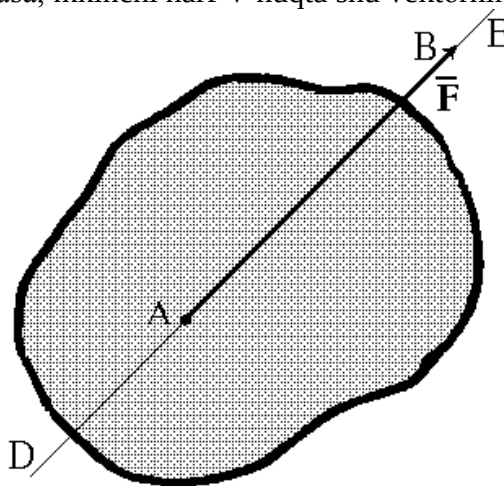
XVII asrda Italiya olimi G.Galiley va Ingliz olimi I.N yutonlar tomonidan uzoq vaqtlar davomida olib borilgan tajriba va kuzatishlar natijasida har qanday moddiy jismlarning harakatlarini paydo bo'lishi, yoki shu harakatlarning o'zgarishi ularning bir birovlariga ko'rsatayotgan o'zaro ta'sirlariga, yoki boshqacha qilib aytganda kuchlarga uzviy bog'liq ekanligini aniqladilar.

Shunga ko'ra kuch, bu bir jismning ikkinchi jismga va ikkinchi jismning birinchi jismga ta'siridan iborat ekan.

Kuch vektor qiymatdan iboratdir, chunki uning yo'nalishi, qo'yilgan nuqtasi va uning son qiymatlaridan birortasi noma'lum bo'lsa, uning ta'siridagi jismning qaysi tomonga qanday tezlanish bilan harakatini o'zgartirishi xaqida aniq ma'lumot olib bo'lmaydi. Demak kuch har doim vektor qiymatdan iborat bo'ladi, har doim uning moduli (son qiymati), yo'nalishi va qo'yilgan nuqtasi bizga ma'lum bo'lishi shart.

Faqat son qiymatini bilishni o'zinigina yetarli bo'lgan kattaliklar skalyar qiymatlar deyiladi. Masalan vaqt - t , massa - m skalyar qiymatlar hisoblanadi. Ularni qo'yilgan nuqtasi va yo'nalishi bo'lmaydi. Vaqt va massa koinotning barcha joyida bir xil o'zgaradi deb qabul qilingan, ya'ni joyga bog'liq emas.

1.1-shaklda kuch vektori tasvirlangan, unda DE chizig'i kuchning ta'sir chizig'i deyiladi, A nuqta kuchning jismga qo'yilgan nuqtasi, kuch vektori ikki xil tarzda ifodalanadi, yoki $\vec{F}$ - shaklida, yoki $\overline{AB}$ - shaklida, ikkinchi holda birinchi harf A nuqta vektorning qo'yilgan nuqtasini belgilasa, ikkinchi harf V nuqta shu vektorning oxirini belgilaydi.



1.1 shakl.

Vektor qiymatning belgisi chiziqchadan iborat bo'lib, u albatta harfning ustiga chiziladi. Agar chiziqcha bo'lmasa, u holda bu vektor emas balki vektorning son qiymati xolos, uni mexanika tilida vektorning moduli deb ataladi.

Agar bir vaqtni o'zida bir jismga bir nechta kuchlar ta'sir etsa, ularni kuchlar sistemasi deb ataladi.

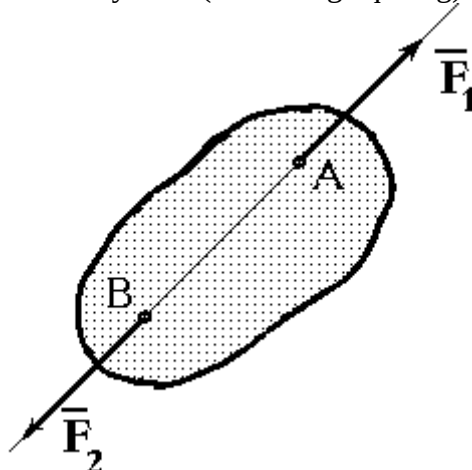
Nazariy mexanikada jismlarning ikki xil holatlari o'rganiladi. Birinchi navbatda moddiy nuqta yoki qattiq jismlarning harakatsiz (birorta sanoq sistemasiga nisbatan harakatsiz) yoki muvozanat holatlari o'rganiladi.

Bunday masalalarni statik masalalar deyiladi. Agar moddiy nuqta yoki qattiq jism harakatda bo'lsa uning harakatining qonuniyatini o'rganuvchi qism dinamika qismi deb ataladi.

Statika qismini o'rganishni statika aksiomalaridan boshlanadi. Aksioma degan so'z (grek) yunon tilidan olingan bo'lib, uning o'zbekchaga tarjimasi isbot talab qilinmaydigan oddiy xaqiqat degan ma'noni anglatadi. Ular uncha ko'p emas, biz faqat 4-ta aksiomaga asoslangan holda statika qismini o'rganamiz.

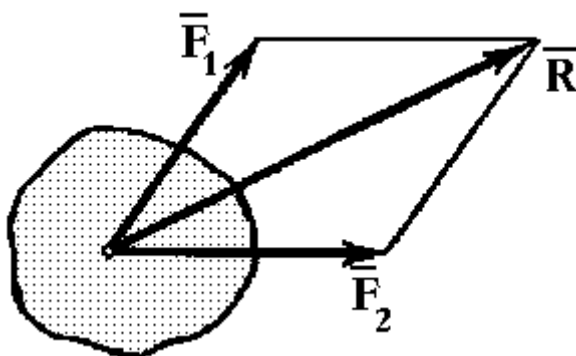
1. Statika aksiomalari.

1-aksioma. Yo'nalishlari qarama -qarshi, son qiymatlari o'zaro teng va ta'sir chiziqlari bir to'g'ri chiziq bo'ylab yotuvchi ikkita kuchlar sistemasi, o'zaro muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasi deyiladi (1.2 shaklga qarang).



1.2 shakl.

2-aksioma. Agar biror qattiq jism muvozanat holatida yoki qandaydir qonuniyat bilan harakat qilayotgan bo'lsayu, shu jismga yuqorida aytilgan o'zaro muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasini qo'ysak, yoki undan shundaylarini olib tashlasak, ushbu jism o'zining muvozanat holatini yoki tegishli qonuniyat bilan qilayotgan harakatini davom ettiraveradi.



1.3 shakl.

3-aksioma. Agar biror qattiq jism muvozanat holatida yoki qandaydir qonuniyat bilan harakat qilayotgan bo'lsa va shu jismning biror nuqtasiga qo'yilgan ikkita kuch vektorini, shu vektorlarga qurilgan parallelogramning diagonaliga teng bo'lgan boshqa bitta kuch vektori bilan almashtirsak, jismning muvozanat holati yoki ilgari harakati o'zgarmaydi (1.3-shakl).

Ushbu vektor - $\vec{R}$, teng ta'sir etuvchi vektor deyiladi, ya'ni uning shu jismga ta'siri, yuqoridagi ikkita kuchning ta'siriga teng bo'ladi, va vektor va skalyar tenglamalar qo'yidagicha yoziladi,

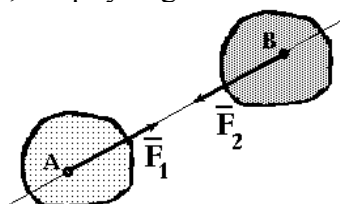
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad \text{lekin} \quad R \leq F_1 + F_2 \quad \text{ёки} \quad R \geq F_1 + F_2 \quad \text{bo'ladi.}$$

Bu aksiomani qo'yidagicha talqin qilish mumkin, ya'ni bir nuqtaga qo'yilgan har qanday ikkita $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuch vektorini, shu nuqtaga qo'yilgan boshqa bitta $\vec{R}$ -kuch vektori bilan almashtirish mumkin bo'lib, ushbu kuch avvalgi ikkita kuchning teng ta'sir etuvchisi deyiladi, va lotincha R harfi bilan belgilanadi.

Aslida $\vec{R}$ - vektorining moduli yoki uning son qiymati F_1 va F_2 kuchlarning modullarining yig'indisiga teng emas, lekin shu R kuchining jismga ta'siri, $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuch vektorlarining ta'sirlariga teng degan mazmun kelib chiqadi, ya'ni

$$R \neq F_1 + F_2$$

4-aksioma. Agar ikkita jism bir birlariga ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsalar-u, ular muvozanat holatda bo'lsalar, ularning bir birlariga ta'sir kuchlarining son qiymatlari teng, yo'nalishlari qarama qarshi bo'lib, bir to'g'ri chiziqda yotadilar (1.4 shakl). Bu aksiomani ta'sir va aks ta'sir aksiomasi deyiladi, va qo'yidagicha ifodalanadi.



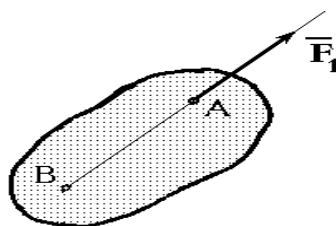
1.4 shakl.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (1.1)$$

Endi biz shu yuqoridagi 4-ta aksiomalarga asoslanib, yangi - yangi xulosalar va gipotezalarni isbot qilishga o'tamiz, masalan qo'yidagi qoidani isbot qilaylik

1 - Qoida. Absolyut qattiq jismning biror nuqtasiga qo'yilgan har qanday kuch vektorini o'z ta'sir chizig'i bo'ylab shu jismning ixtiyoriy boshqa bir nuqtasiga ko'chirib qo'ysak, jismning holati o'zgarmaydi.

Ushbu qoidani isbot qilish uchun, yuqoridagi 1-nchi va 2-nchi aksiomalardan foydalanamiz. Faraz qilaylik absolyut qattiq jismning A - nuqtasida $\vec{F}$ kuch vektori ta'sir etsin. Endi shu kuch vektorini jismning holatini o'zgartirmasdan uning ta'sir chizig'i bo'ylab joylashgan boshqa V - nuqtaga ko'chirish zarur bo'lsin (1.5 shakl).

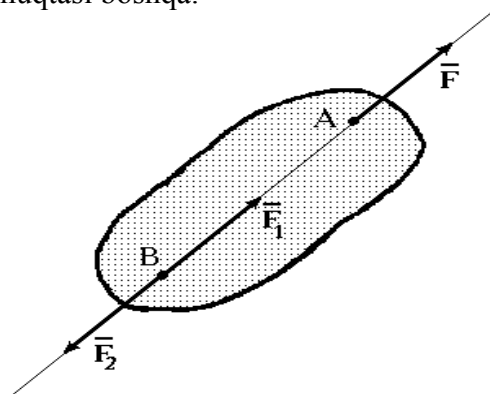


1.5 shakl.

Buning uchun V nuqtada $\vec{F}$ kuchining ta'sir chizig'i bo'ylab joylashgan, son qiymatlari bo'yicha unga teng bo'lgan o'zaro muvozanatlashuvchi ikkita $\vec{F}_2$ va $\vec{F}_1$ kuchlarni qo'yamiz (1.6 shakl). Ikkinchi aksiomaga asosan bu bilan jismning holati o'zgarmaydi.

Endi $\vec{F}$ va $\vec{F}_2$ kuchlari ham muvozanatlashuvchi kuchlar bo'lganliklari sababli, ikkinchi aksiomaga asosan ularni shu jismdan olib tashlasak, qattiq jismning mexanik holati o'zgarmaydi.

Lekin qattiq jismning mexanik holati saqlanib qolgan bo'lishiga qaramasdan, endi jismga A nuqtada emas, balki shu $\vec{F}$ kuchning ta'sir chizig'ida yotuvchi boshqa V nuqtada joylashgan $\vec{F}_1$ kuchi ta'sir etmoqda. $\vec{F}_1$ kuchining son qiymati va yo'nalishi $\vec{F}$ kuchi bilan bir xil, lekin uning qo'yilgan nuqtasi boshqa.



1.6 shakl.

Bundan qo'yidagi xulosani keltirib, chiqaramiz, ya'ni qattiq jismga ta'sir etuvchi har qanday kuchni o'z ta'sir chizig'i bo'ylab, bir nuqtadan ixtiyoriy boshqa nuqtaga ko'chirilganda uning mexanik holati o'zgarmas ekan. Bu xossadan juda keng foydalaniladi, shuning uchun ham unga alohida e'tibor berilmoqda.

Statika qismida asosan ikkita masala yechiladi:

1) Qattiq jismga ta'sir etayotgan kuchlar sistemasini qo'shish va ularni sodda holga keltirish;

2) Qattiq jismga qo'yilgan kuchlar sistemasining muvozanatlik shartini tekshirish;

Statika masalalari grafik usulda, geometrik usulda yoki analitik usulda yechilishi mumkin, lekin hozirgi kunda komp yuterlar yordamida analitik usulda yechish keng tarqalgan, grafik usul deyarli qo'llanilmay ketgan.

2.Erkin, qisman erkin va mutloq erksiz jismlar.

Agar berilgan qattiq jism unga ta'sir etayotgan kuchlar tufayli, fazoning ixtiyoriy tomoniga harakat qila olsa bunday jism erkin jism deyiladi. Agar uning harakati ma'lumdarajada cheklangan bo'lsa bunday jismlar qisman erkin deyiladi.

Masalan temir yo'l vagoni faqat shu temir yo'l bo'ylab harakat qila oladi xolos, egri trubkaning ichida joylashgan sharcha faqat shu trubkaning ichi bo'ylab harakat qila oladi xolos, ya'ni ularning erkinligi chegaralangan. Agar jism mutloq harakatsiz bo'lsa, ya'ni uning harakati mutloq cheklangan bo'lsa bunday jismlar erksiz jismlar deyiladi.

3.Bog'lanish, ularning turlari va bog'lanish reaktivlari.

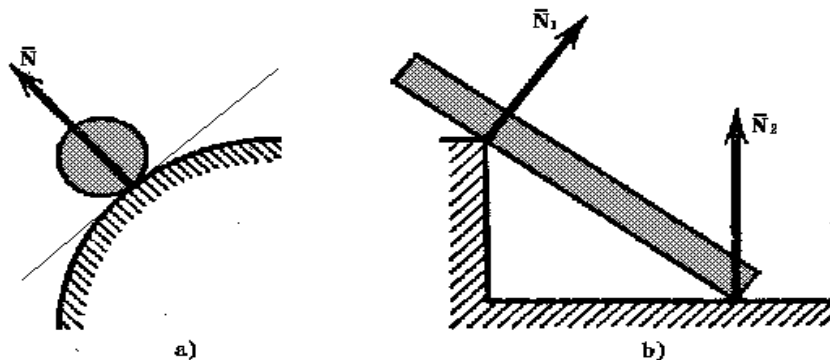
Erkin jismda bog'lanish bo'lmaydi, shu sababli u hohlagan tomonga harakat qila oladi. Qisman erkin va mutloq erksiz jismlar boshqa bir, yoki bir nechta jismlar orqali bog'langan holda bo'ladilar. Shuning uchun shu qattiq jismlarning erkinliklarini chegaralovchi boshqa jismlarni bog'lanishlar deyiladi.

Agar jism o'zining erkinligini chegaralovchi boshqa jismga, ya'ni bog'lanishga nisbatan biror kuch bilan ta'sir etsa, o'z o'rnida bog'lanish hisoblangan boshqa jism ham unga

aks ta'sir ko'rsatadi, shu aks ta'sir kuchini bog'lanish reaksiyasi deyiladi. Ya'ni bog'lanish reaksiyasi ham kuch vektori bo'lib, ushbu kuch faqat aks ta'sir sifatidagina mavjud bo'ladi, agar jism bog'lanishga kuch ta'sir etmasa, ya'ni bog'lanish olib tashlansa uning reaksiyasi ham nolga teng bo'ladi.

Demak bog'lanish reaksiyasi faqat jismning unga ko'rsatgan kuch vektoriga tegishli ravishda paydo bo'ladi, va ushbu ta'sir yo'qolsa reaksiya kuchi ham yo'qoladi yoki o'z yo'nalishi va son qiymatini tegishli o'zgartirishi mumkin. Agar bog'lanish olib tashlansa reaksiya kuchi ham o'z o'zidan yo'qoladi.

Yuqoridagilarga asosan kuchlarni endi ikki guruhga ajratamiz, bog'lanishlar bormi yo'qligidan qat'iy nazar jismga ta'sir etuvchi kuchlarni aktiv kuchlar deyiladi, masalan og'irlik kuchi, bog'lanishlarning jismga ko'rsatadigan aks ta'sir kuchlarini reaksiya kuchlari deyiladi.



1.7 shakl

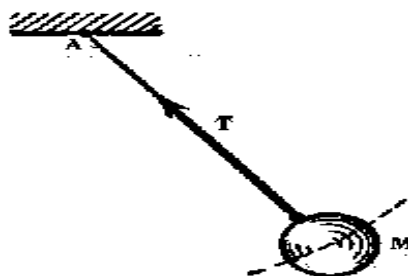
Bog'lanishlarning turlari juda ko'p, shunga ko'ra ularning reaksiyalari ham turlicha bo'ladi, reaksiyalarining son qiymatlarini har bir masaladagi ta'sir etayotgan kuchlar sistemasiga bog'liq ravishda aniqlanadi, lekin shu bog'lanishlarning reaksiya kuchlari vektorlarining yo'nalishlari har doim bir xil bo'ladilar.

Shuning uchun bog'lanishlarning reaksiya kuchlarini yo'nalishlarini qanday qilib aniqlashni ko'rib o'taylik.

1. Silliqlik yassi yuzadan iborat bog'lanish (1.7 b shakl).

Silliqlik yassi yuzali bog'lanish deb, shunday yuzaga aytiladiki uning ustida turgan, yoki unga suya'nib turgan jismga hech qanday ishqalish kuchi ta'sir etmaydi. Shu sababli bunday tekislikdan iborat bog'lanishlarning reaksiyalari har doim, shu tekislikka normal (perpendikulyar) holda yo'nalgan bo'ladi.

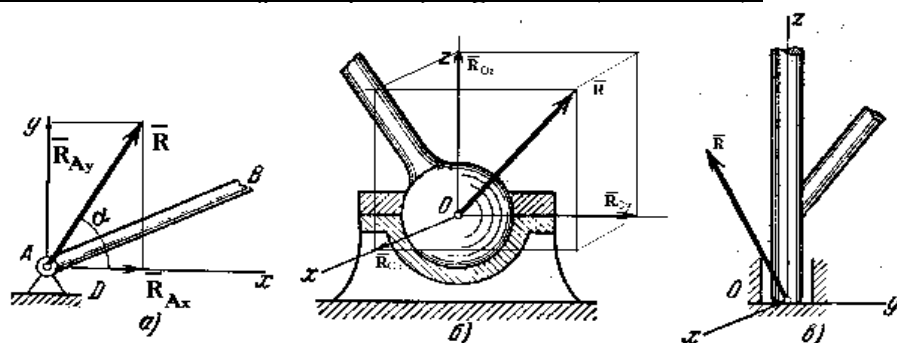
2. Ip, arqon va trosdan iborat bog'lanish.



1.8 shakl.

Bunday bog'lanishlarning reaksiyalari har doim faqat shu arqon, ip yoki trosning taranglik chiziqlari bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.

3. TSilindrsimon sharnirli (podshipnikli) bog'lanish (1.9 a shakl).



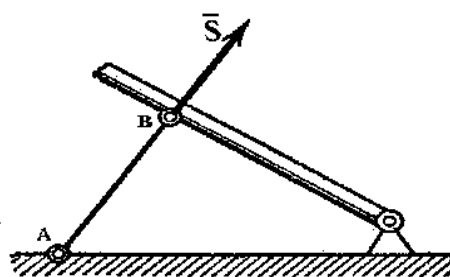
1. 9 shakl

Bunday bog'lanishlarning reaksiya kuchlari ikkita tashkil etuvchilardan iborat bo'lib, ular sharnir o'qiga perpendikulyar tekislikda yotuvchi ixtiyoriy ikkita o'zaro perpendikulyar o'qlar bo'ylab yo'naladilar, amalda doimo Ox va Oy o'qlari bo'ylab yo'naltiriladi.

4. Sharsimon sharnir va tovonlardan iborat boglanishlar (1.9 b, v shakl).

Bunday bog'lanishlar bilan bog'langan jismlarga uchta tashkil etuvchidan iborat reaksiya kuchi ta'sir etadi, va ular sharsimon sharnirning markazidan o'tuvchi o'zaro perpendikulyar bo'lgan uchta o'qlar bo'ylab yo'naladilar. amalda reaksiya kuchining tashkil etuvchilari qoidaga ko'ra Ox , Oy , Oz o'qlar bo'ylab yo'naltiriladi.

5. Ingichka sterjenlardan iborat bog'lanishlar. 1.10 shaklda AV sterjen tasvirlangan.



1. 10 shakl.

Bunday bog'lanishlar jismga faqat shu sterjenning o'qi bo'ylab yo'nalgan S qarshilik kuchi ko'rsata oladilar xolos, shunga ko'ra ularning reaksiya kuchlari faqat sterjenlar o'qi bo'ylab yo'naltiriladi.

6. Sferasimon silliq yuzadan iborat bog'lanish (1.7 a shakl).

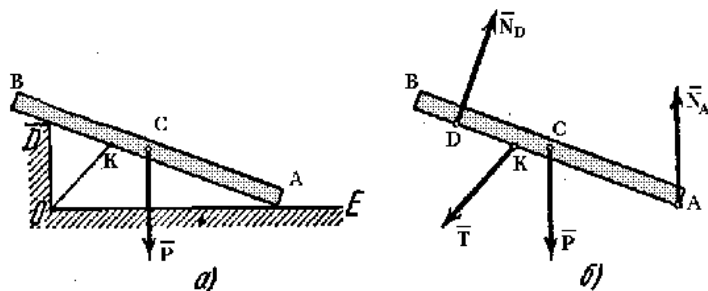
Bunday bog'lanishlar jismlarga faqat normal yo'nalishdagi reaksiya kuchi (qarshilik kuchi) ko'rsata oladilar xolos, shunga ko'ra jism bilan sferik yuza tutashgan nuqtadan urinma o'q o'tkaziladi va reaksiya kuchini shu nuqtadan boshlab urinma o'qqa perpendikulyar (normal) ravishda yo'naltiriladi.

Umuman bog'lanishlarning yana boshqa turlari ham uchrashlari mumkin, lekin ishchi dasturimizga ko'ra faqat shu bog'lanishlar bilangina amaliy mashg'ulotlar o'tkazish rejalashtirilgan xolos.

4. Bog'lanishlar aksiomasi.

Yuqorida aytganimizdek statika qismida erkinmas qattiq jismlarning muvozanatlik shartlarini o'rganishda qo'yidagi aksioma qo'llaniladi: Xar qanday erkinmas qattiq jismga qo'yilgan bog'lanishlarni tashlab yuborib, ularni o'rniga shu boglanishlarning reaksiya kuchlari qo'yilsa, ularni erkin jism deb qabul qilish mumkin.

Masalan ,
Og'irligi R -ga teng bo'lgan AV brus, o'zining A va D nuqtalari bilan DOE bog'lanishga suyangan holda muvozanat holatini saqlab turibdi.



1.11 shakl.

Endi shu boglanishni tashlab yuborib, uni o'rniga N_D va N_A reaksiya kuchlarini qo'yib, DOE boglanishni tashlab yuborsak, AV brus unga qo'yilgan to'rtta N_D , N_A , T va R - kuchlar ta'sirida erkin holatda muvozanatini saqlab turaveradi deb hisoblanadi, va statikaning barcha masalalari shu asosda yechiladi.

Savollar:

1. Kuch deb nimaga aytiladi?
2. Statikaning asosiy aksiomalarini aytib bering?
3. Kuch vektorini o'z ta'sir chizigi bo'ylab bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirish mumkinmi?
4. Bog'lanish deb nimaga aytiladi?
5. Silliqlik gorizontali tekislikdan iborat bog'lanishning reaksiyasi qanday yo'naladi?
6. Egiluvchan bog'lanishlarning (arqon, tros, ip kabilar) reaksiyalari qanday yo'naladi?
7. TSilindrik sharnirdan iborat qo'zg'almas va qo'zgaluvchan bog'lanishlarning reaksiyalari qanday yo'naladi?
8. Sferik sharnirdan iborat boglanishlarning reaksiyalari qanday yo'naladi?
9. Ingichka vaznsiz sterjenlardan iborat bog'lanishlarning reaksiyalari qanday yo'naladi?
10. Bog'lanishlar aksiomasi nimadan iborat?
11. Statikaning ikkita asosiy masalasi nimadan iborat?

”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 2: Kesishuvchi kuchlar, Kuch momenti, Juft kuchlar

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejasi:</i>	Kuchlar, kesishuvchi kuchlar tizimi va juft kuchlar. Kuchning proektsiyasi, nuqtaga va o’qqa nisbatan momenti. Kuchlarni qo’shishning geometrik va analitik usullari. Bir nuqtaga qo’yilgan va kesishuvchi kuchlar sistemasini. Kesishuvchi kuchlar sistemasini muvozanat shartlari. Juft kuchlar, ularni muvozanat shartlari.
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda kuchlar, nuqtaga va o’qqa nisbatan kuch momenti tadbiriqini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Kesishuvchi kuchlar va juft kuchlar, ularning muvozanat shartlari. - Bir nuqtaga qo’yilgan va kesishuvchi kuchlar sistemasiga oid masalasi - Kuchlarning nuqtaga va o’qqa nisbatan momentiga oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Kuchlar, o’qqa va nuqtaga nisbatan kuch momenti, kuchlarni qo’shishning analitik va geometrik usullari tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, laboratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, laboratoriya o’tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar 2 ma'ruza

2-Mavzu: Bir nuqtada uchrashuvchi kuchlar sistemasi

Mavzuning rejası

1. Bir tekislikda joylashgan ikkita kuchni qo'shish.
2. Uchrashuvchi kuchlar sistemasini qo'shish.
3. Kuchni berilgan yo'nalish bo'yicha ikkita tashkil etuvchilarga ajratish.
4. Kuchning o'qqa va tekislikka proektsiyasi.
5. Uchrashuvchi kuchlar sistemasini analitik usulda qo'shish.

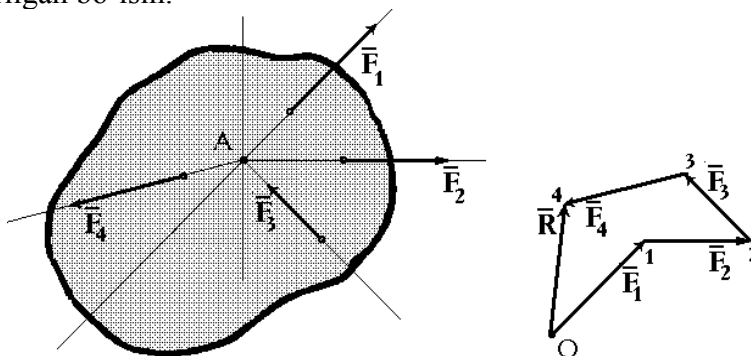
Mavzuning maqsadi. Kuchlarni qanday usullar bilan qo'shishni o'rganish. Tekislikda yoki fazoda bir nuqtada uchrashuvchi yoki ixtinriy joylashgan kuchlar sistemasini muvozanat shartlari o'rganiladi. Kuchni o'qqa va tekislikka proektsiyasini aniqlash usullari bilan tanishtiriladi.

Tayanch so'zlar va iboralar: Uchrashuvchi kuchlar sistemasining muvozanatlik shartlari, teng ta'sir etuvchi kuch, kuchlarni geometrik usulda qo'shish, kuch ko'pburchagi, kuchlarni analitik usulda qo'shish, kuchning o'qqa proektsiyasi, kuchning tekislikka proektsiyasi, kuchni tashkil etuvchilarga ajratish.

Mavzuning bayoni. Statika qismida jismlarga ta'sir etuvchi kuchlar ham yo'nalishi, ham son qiymati jixatidan o'zgarmas deb qabul qilinadi. Aslida har bir kuch vektor qiymat bo'lganligi uchun ularni geometrik va analitik ravishda qo'shish usullari vektorlar algebrasida ko'rib o'tilgan. Agar kuch vektorlarining ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishsa bunday kuchlar sistemasini uchrashuvchi kuchlar sistemasi deyiladi.

1. Uchrashuvchi kuchlar sistemasi va ularni qo'shish.

Ta'sir chiziqlari bir A nuqtada kesishuvchi tekislikda yoki fazoda joylashgan bir necha kuchlar sistemasi berilgan bo'lsin.



2.1- shakl.

Ularni ham yuqoridagi usul bilan, ya'ni kuch ko'pburchagi usuli bilan birin ketin qo'shib, oxirgi kuchning oxiri bilan birinchi kuchning boshi joylashgan O nuqtani tutashtiruvchi kesma, teng ta'sir etuvchi kuch $\vec{R}$ vektori hisoblanadi, ya'ni

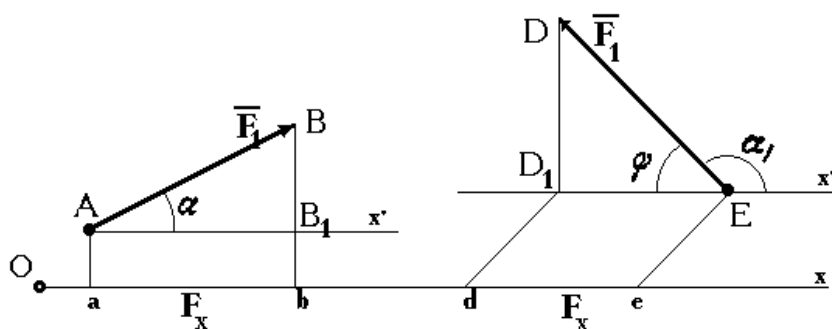
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_k \quad (2.1)$$

2.1-b shaklda ko'rsatilgan figura kuch ko'pburchagi deyiladi, agar berilgan kuchlar bir tekislikda joylashgan bo'lsa teng ta'sir etuvchi kuch $\vec{R}$ vektori ham shu tekislikda yotadi, agar berilgan kuchlar sistemasi fazoda joylashgan bo'lsa teng ta'sir etuvchi kuch $\vec{R}$ vektori ham fazoda joylashadi.

2.Kuchning o'qqa va tekislikka proektsiyasi.

Yuqoridagi usullar geometrik yoki grafik usul hisoblanadi, kuchlar soni oz bo'lgan hollarda va katta aniqlik talab qilinmagan hollarda, ushbu usul o'zining soddaligi sababli keng qo'llaniladi. Lekin kuchlar soni ko'p bo'lganda va katta aniqlik talab qilgan hollarda analitik usul qo'llaniladi, ayniqsa hozirgi zamonaviy komp yuterlar yordamida masalalar albatta analitik usul bilan yechiladi.

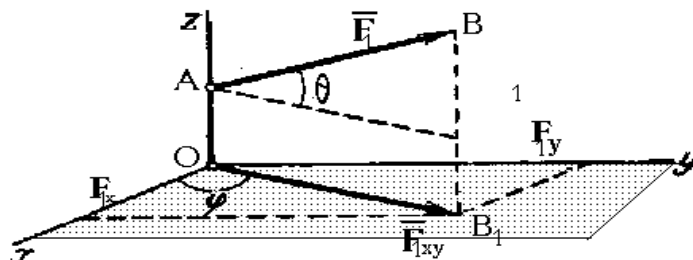
Buning uchun, har qanday kuch tekislikda joylashgan bo'lsa ikkita tashkil etuvchilarga, fazoda joylashgan bo'lsa uchta tashkil etuvchilarga ajratilib, masalalar yechiladi. Agar shu tashkil etuvchilar Ox , Oy va Oz o'qlariga parallel bo'lsa, ular shu kuchning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari hisoblanadilar.



2.2- shakl.

Shunga ko'ra kuchning biror o'qqa (masalan Ox o'qiga) proektsiyasi deb, shu kuchning boshidan va oxiridan o'qqa tushirilgan perpendikulyar kesmalarning orasidagi eng qisqa masofaga aytiladi.

Masalan $\vec{F}_1$ kuchining Ox o'qidagi proektsiyasi $F_{1x} = AB_1 = ab$ ga teng ekan, yoki matematik ifodasi qo'yidagicha yoziladi, $F_{1x} = F_1 \cdot \cos\alpha$.

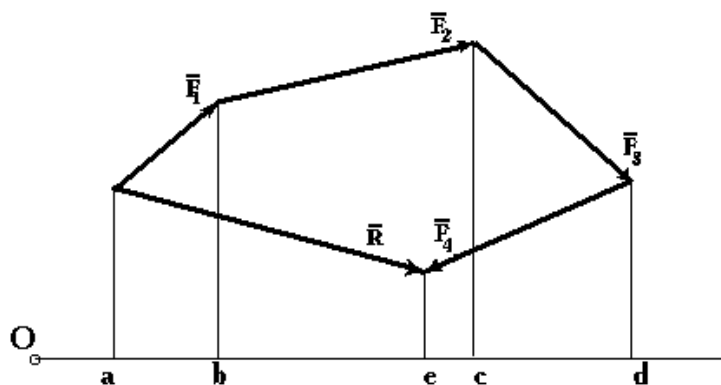


2.3-shakl.

Endi shu kuchni biror tekislikka proektsiyalaylik (2.3-shakl), masalan xOy tekisligiga. U holda, shu $\vec{F}_1$ kuch vektorining boshidan va oxiridan shu xOy tekisligiga perpendikulyar chiziqlar o'tkazamiz, ularning orasidagi eng qisqa masofa, shu $\vec{F}_1$ kuchning xOy tekisligidagi proektsiyasi deb ataladi, va $F_{1xy} = F_1 \cdot \cos\theta$.

Agar e'tibor bergan bo'lsangiz, kuchning tekislikka proektsiyasi vektor qiymatidir, chunki uni yana bir marta shu tekislikda yotuvchi o'qlarga proektsiyalash mumkin.

3.Uchrashuvchi kuchlar sistemasini analitik usulda qo'shish.



2.4- shakl.

Faraz qilaylik birorta jismga bir nuqtada kesishuvchi n - ta kuchlar sistemasi ta'sir etsin, u holda bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlash uchun ularni vektor usulda (2.1) formulaga asosan qo'shsak qo'yidagini aniqlaymiz (2.4- shakl), ya'ni

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_k \quad (2.2)$$

Endi ushbu vektor tenglamaning ikkala tomonini, Dekart koordinata o'qlariga proektsiyalasak, qo'yidagi 3 - ta skalyar tenglamani xosil qilamiz, ya'ni

$$R_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots + F_{nx} = \sum F_{kx} \quad (2.3)$$

$$R_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots + F_{ny} = \sum F_{ky} \quad (2.4)$$

$$R_z = F_{1z} + F_{2z} + F_{3z} + \dots + F_{nz} = \sum F_{kz} \quad (2.5)$$

Agar teng ta'sir etuvchi $\vec{R}$ kuchining modulini (son qiymatini) aniqlash zarur bo'lsa, qo'yidagi formuladan topamiz,

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}; \quad (2.6)$$

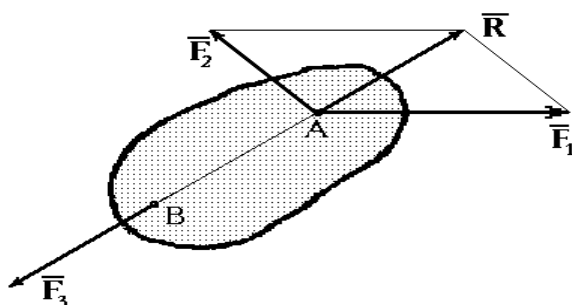
Teng ta'sir etuvchi kuch vektorining koordinata o'qlari bilan hosil qilgan burchak kosinuslari qo'yidagi formulalardan aniqlanadi,

$$\cos \alpha = \frac{R_x}{R}; \quad \cos \beta = \frac{R_y}{R}; \quad \cos \gamma = \frac{R_z}{R}; \quad (2.7)$$

4. Uchta kuch muvozanati xaqidagi teorema.

Statika masalalarini yechganimizda, qo'yidagi uch kuch teoremasi juda qo'l kelishi mumkin. Teorema: Agar erkin jismga o'zaro parallel bo'lmagan uchta kuchlar ta'sir etsayu, u muvozanat holatda bo'lsa, bu kuchlar bir tekislikda yotadilar va ularning ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadi.

Isbot: Teoreмага ko'ra bu kuchlar parallel bo'lmaganliklari uchun, ulardan ikkitasi $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ biror A nuqtada kesishadi (2.5 shakl), ularning teng ta'sir etuvchisi $\vec{R}$ ni hosil qilamiz.



2.5-shakl.

Endi jismga faqat ikkita kuch ta'sir etmoqda, ya'ni $\vec{R}$ kuchi va $\vec{F}_3$ kuchi xolos.

Lekin bu erkin jism ikkita kuch ta'sirida muvozanat holatda bo'lishi uchun 1 aksiomaga asosan bu kuchlar bir to'g'ri chiziqda yotishi kerak, yo'nalishlari qarama qarshi, son qiymatlari (modullari) o'zaro teng bo'lishi shart, shunga ko'ra bu uchinchi kuchning ta'sir chizig'i albatta shu A nuqtadan o'tadi. Teorema isbotlandi.

5.Uchrashuvchi kuchlar sistemasining muvozanatlik sharti.

Biz yuqorida ko'rib o'tdikki, 1 aksiomaga asosan ikkita kuchlar qaysi hollardao'zaro muvozanatda bo'lishi mumkinligini ko'rdik. Keyin esa uchta kuch ham muvozanatda bo'lishi mumkin ekanligini ko'rib o'tdik.

Endi quyida nafaqat ikkita yoki uchta kuchlar emas, hatto bir necha kuchlar sistemasi ham ko'p hollarda o'zaro muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasini tashkil etishi mumkinligini ko'rib o'tamiz.

Mexanik sistemaga ta'sir etuvchi kuchlar bir nuqtada uchrashsalar, bunday kuchlar uchrashuvchi kuchlar sistemasini tashkil etadi, va ularni birin ketin kuch ko'pburchagi usulida (geometrik usulda) yoki analitik usulda qo'shib chiqsak, ularning teng ta'sir etuvchisi $\vec{R}$ kuch vektorini topamiz.

Shu teng ta'sir etuvchi vektor nolga teng bo'lsa, jism muvozanat xolatda bo'ladi. Demak har qanday uchrashuvchi kuchlar sistemasi ta'sir etmasin, agar ularning teng ta'sir etuvchisi $\vec{R}$ nolga teng bo'lsa, bu kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lar ekan. Bu esa uchrashuvchi kuchlar sistemasini muvozanatining geometrik sharti deyiladi.

Uchrashuvchi kuchlar sistemasini muvozanatining analitik sharti, qo'yidagicha bo'ladi,

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} = 0 \quad \text{ёки}$$

$$R_x = 0; \quad R_y = 0; \quad R_z = 0; \quad \text{бщииши шарт, ёки} \quad (2.8)$$

$$R_x = \sum F_{kx} = 0; \quad R_y = \sum F_{ky} = 0; \quad R_z = \sum F_{kz} = 0;$$

Demak fazoda joylashgan uchrashuvchi kuchlar sistemasining muvozanatini analitik sharti,

$$\sum F_{kx} = 0; \quad \sum F_{ky} = 0; \quad \sum F_{kz} = 0; \quad (2.9)$$

bo'yicha ifodalanar ekan. Agar uchrashuvchi kuchlar sistemasi biror tekislikda, masalan xOy tekisligida joylashgan bo'lsalar, ularning muvozanatini analitik ifodasi, qo'yidagicha bo'ladi,

$$\sum F_{kx} = 0; \quad \sum F_{ky} = 0; \quad (2.10)$$

Agar kuchlar sistemasi bir to'g'ri chiziqda joylashgan bo'lsalar, ularning muvozanatini analitik sharti qo'yidagicha bo'ladi,

$$\sum F_{kx} = 0; \quad (2.11)$$

Masalalar yechganimizda albatta, shu tenglamalar sistemalarining tegishlisidan foydalanamiz.

Savollar:

- 1) Uchrashuvchi kuchlar sistemasi deb, qanday kuchlarga aytiladi?
- 2) Uchrashuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
- 3) Uchrashuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisining moduli qanday aniqlanadi?
- 4) Uchrashuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qaysi nuqtaga qo'yiladi?
- 5) Kuch ko'pburchagi qanday quriladi?
- 6) Oxirgi kuchdan boshlab kuch ko'pburchagini qurish mumkinmi?
- 7) Kuchning o'qqa proektsiyasini aniqlashni tushuntirib bering?
- 8) Qaysi holda kuchning o'qqa proektsiyasi nolga teng bo'ladi?
- 9) Kuchning tekislikka proektsiyasini qanday aniqlanadi?
- 10) Qaysi hollardakuchning tekislikka proektsiyasi nolga teng bo'ladi?
- 11) Kuchni tashkil etuvchilarga qanday ajratiladi?

"Nazariy mexanika" o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 3: Tekislikdagi kuchlar va uning muvozanati. Bosh vektor va bosh moment

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi:</i>	Tekislikdagi kuchlar sistemasi va uning muvozanat shartlari. Bir tekislikda yotuvchi kuchlar, ixtiyoriy ravishda yunalgan kuchlar sistemasini soda xolga keltirish, bosh vektor va bosh momentni aniqlash.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda tekislikda kuchlar muvozanati, bosh vektor va moment tadbqiqini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Tekislikda kuchlar sistemasini muvozanat shartlari bilan tanishtirish. - Ixtiyoriy ravishda yo'nal-tirilgan kuchlarning texnika-dagi roli - Muvozanat kuchlar bo'yicha amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Tekislikda kuchlarni muvozanat xolatlarini, bosh vektorlar va momentlar haqida tushuntirish. Olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, laboratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, laboratoriya o'tkazish</i>

Nazariy mexanika” kursi bo'yicha ma`ruzalar
3 maruza -

3-Mavzu: Bir tekislikda joylashib, ixtiyoriy ravishda yo'nalgan kuchlar sistemasini sodda holga keltirish.

Mavzuning rejası

- 1.Kuchning nuqtaga (markazga) va o'qqa nisbatan momenti.**
- 2.Kuchni o'ziga parallel ravishda bir nuqtadan boshqa nuqtaga ko'chirish.**
- 3.Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirish.**
- 4.Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini sodda xolga keltirish.**
- 5.Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanatlik sharti.**

Mavzuning maqsadi: Mexanika fanida asosan bir tekislikda yotuvchi ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasi juda ko'p uchraydi. Shunday kuchlar sistemasini sodda xolga keltirish statikaning asosiy masalalaridan biri xisoblanadi. Bu yerda biz shunday kuchlar sistemasini qo'shib, ularning bosh vektori va bosh momentini (etibor bering, teng tasir etuvchini emas, balki bosh vektor va bosh momentni) aniqlashni o'rganamiz.

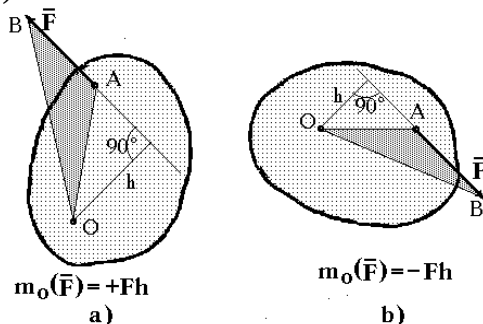
Tayanch so'z va iboralar: Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi, Kuchni o'ziga parallel ko'chirish, bosh vektor, bosh moment, teng tasir etuvchi vektor. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlari. Statik aniq va statik noaniq masalalar.

Bayoni: Faraz qilaylik, qattiq jismning birorta tekisligida, masalan xOy tekislikda ixtiyoriy ravishda joylashgan kuchlar sistemasi tasir etsin. Bunday kuchlar sistemasini sodda xolga keltirish uchun ularni qo'shish zarur bo'ladi, lekin bunday kuchlarni tasir chiziqlari bir nuqtada kesishmaganliklari uchun, ularni parallelogramm usulida qo'shib bo'lmaydi, va aksariyat hollarda ularning teng tasir etuvchisi mavjud bo'lmaydi, shuning uchun ularning bosh vektori va bosh momentini aniqlashni o'rganamiz.

1.Kuchning nuqtaga (markazga) nisbatan momenti.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, kuchlar nafaqat jismni ilgarilama harakat qildiradilar ekan, bazi hollarda ixtiyoriy berilgan nuqta atrofida aylanma harakat berishlari ham mumkin ekan. Buning uchun shu tanlangan nuqta qo'zgalmas deb xisoblanadi.

U holda bu jismga tasir etuvchi kuchlar o'zlarining yo'nalishi va son qiymatlariga bog'liq ravishda aylantiruvchi effekt beradilar, ushbu effektни mexanika tilida kuchning momenti deb ataladi (3.1 shakl).



3.1 shakl.

Kuchning biror nuqtaga nisbatan momenti deb, shu kuchning modulini(son qiymatini), uning shu nuqtagacha bo'lgan yelkasiga ko'paytmasiga aytiladi.

Kuchning nuqtaga nisbatan yelkasi deb, shu berilgan nuqtadan kuchning tasir chizigiga tushirilgan perpendikulyarning uzunligiga aytiladi.

Demak, biror nuqtaga nisbatan kuchning momentini aniqlash uchun, shu kuchning modulini (son qiymatini), uning shu nuqtaga nisbatan yelkasiga ko'paytmasiga aytilar ekan. Ikkinchidan tanlangan nuqta atrofida jism soat strelkasining qaysi tarafiga qarab aylanishiga ko'ra uni musbat yoki manfiy ishora bilan belgilanadi.

Nazariy mexanika fanida, jismga tasir etayotgan kuchlar, jismni berilgan nuqta atrofida soat strelkasi tomonga aylantirsalar, uning momenti manfiy ishora bilan belgilanadi, agar soat strelkasi yo'nalishiga teskari tomonga aylantirishsa musbat ishora bilan belgilanishi qabul qilingan.

Masalan shaklda ko'rsatilgan kuchning O nuqtaga nisbatan momenti, qo'yidagicha yoziladi, ya'ni

$$m_O(\vec{F}_1) = +F_1 \cdot h_1 \quad \text{ёки} \quad m_O(\vec{F}_2) = -F_2 \cdot h_2 \quad (3.1)$$

Ushbu yozuvdan ko'rinib turibdiki, lotincha m - harfi kuchning momentini belgilaydi, indeksdagi O harfi, kuchning qaysi nuqtaga nisbatan momenti xisoblanayotganligini ko'rsatadi.

Qavs ichida qaysi kuchning momenti aniqlanayotganligi ko'rsatilgan, barobardan keyin shu kuchning tasirida jism, o'sha nuqta atrofida qaysi tomonga aylanishiga bog'liqlavishda, tegishli musbat yoki manfiy ishora qo'yilgan. Undan keyin tegishli kuchning son qiymatini uning shu nuqtaga nisbatan yelkasiga ko'paytmasi bilan ifodalanadi.

Shunga ko'ra kuchning nuqtaga nisbatan momentining o'lchov birligi (N•m)larda o'lchanadi, ya'ni kuch birligi (Ngyuton)ning uzunlik birligi (metr)ga ko'paytmasi bilan o'lchanadi.

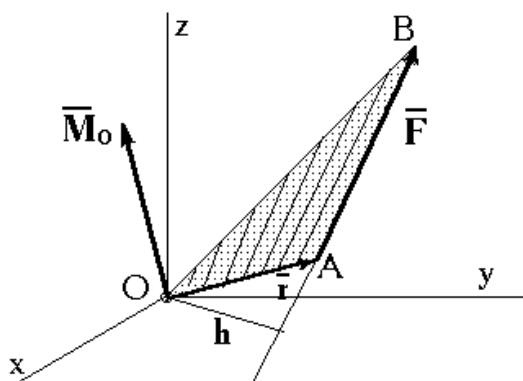
Kuchning nuqtaga nisbatan momentining qo'yidagi xususiyatlari bilan tanishib o'tish lozim deb hisoblayman:

- 1) Kuchni o'z tasir chizigi bo'ylab boshqa nuqtaga ko'chirsak, uning o'sha nuqtaga nisbatan momenti o'zgarmaydi.
- 2) Agar kuchning son qiymati nolga teng bo'lsa, yoki uning tasir chizig'i berilgan markazni kesib o'tsa, uning shu markazga nisbatan olingan momenti nolga teng bo'ladi.
- 3) Kuchning nuqtaga nisbatan momentining son qiymati, shu kuchning vektori bilan berilgan nuqtaga qurilgan uchburchakning ikkilangan yuzasiga teng (shakl 4.1 b).

Kuchning nuqtaga nisbatan momenti vektor qiymat bo'lib, u kuch qo'yilgan nuqtaning radius vektori bilan kuch vektorining vektor ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$\vec{m}_O(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F} \quad (3.2)$$

F - kuchning Dekart koordinata o'qlari markaziga nisbatan olingan momentlari, qo'yidagi formuladan aniqlanadi (3.2 shakl),



3.2 shakl.

$$\vec{m}_O(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = (y \cdot F_z - z \cdot F_y) \vec{i} + (z \cdot F_x - x \cdot F_z) \vec{j} + (x \cdot F_y - y \cdot F_x) \vec{k}$$

Ushbu formulalardan foydalanib, Ox , Oy va Oz o'qlarga nisbatan olingan momentlarni yozamiz,

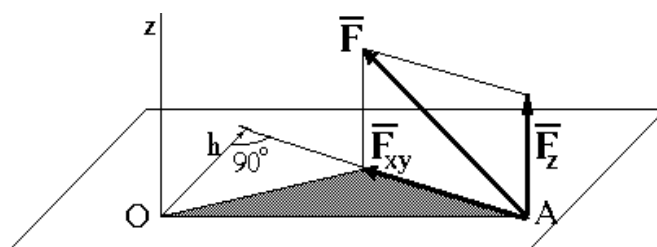
$$\begin{aligned} m_{Ox}(\vec{F}) &= (y \cdot F_z - z \cdot F_y) \\ m_{Oy}(\vec{F}) &= (z \cdot F_x - x \cdot F_z) \\ m_{Oz}(\vec{F}) &= (x \cdot F_y - y \cdot F_x) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Yuqoridagilarni aniqlagandan so'ng m - vektor momentning modulini aniqlash uchun, Pifagor teoremasidan foydalanamiz.

$$M_o = \sqrt{m_{Ox}^2 + m_{Oy}^2 + m_{Oz}^2} \quad (3.4)$$

2.Kuchning o'qqa nisbatan momenti.

$\vec{F}$ kuchni ixtiyoriy yo'nalgan Oz -o'qqa nisbatan momentini aniqlash zarur bo'lsin(shaklga qarang). Buning uchun shu o'qqa perpendikulyar bo'lgan birorta tekislik olamiz, va kuchni shu tekislikka proektsiyalaymiz, masalan bu xOy tekisligi bo'lsin, u holda $\vec{F}$ kuchining shu tekislikdagi proektsiyasi $\vec{F}_{xy}$ vektorini hosil qilamiz. Endi shu $\vec{F}_{xy}$ kuch vektorini O nuqtaga nisbatan olingan momenti, $\vec{F}$ kuchining Oz - o'qiga nisbatan olingan momenti deb hisoblanadi (shakl 4.3), ya'ni



3.3 shakl.

$$m_z(\vec{F}) = m_z(\vec{F}_{xy})$$

va buning moduli qo'yidagicha aniqlanadi,

$$m_z(\vec{F}) = m_O(\vec{F}_{xy}) = \pm F_{xy} \cdot h \quad (3.5)$$

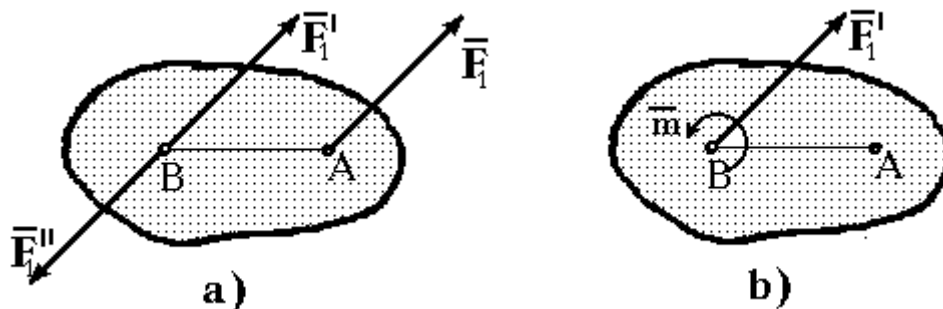
Kuchning o'qqa nisbatan momentining qo'yidagi xususiyatlari bilan tanishib o'tish lozim deb xisoblayman:

- 1) Agar kuch vektori biror o'qqa parallel bo'lsa, uning shu o'qqa nisbatan momenti nolga teng bo'ladi, chunki $\vec{F}_{1xy} = 0$.
- 2) Agar kuch vektorining tasir chizig'i biror o'qni kesib o'tsa, kuchning shu o'qqa nisbatan momenti nolga teng bo'ladi, chunki $h=0$ bo'ladi.
- 3) Agar kuch vektori bilan, o'q bir tekislikda yotsalar, kuchning shu o'qqa nisbatan momenti nolga teng bo'ladi, chunki 1) va 2) xususiyatlardan biri paydo bo'ladi.

Kuchning o'qqa nisbatan olingan momenti ham vektor qiymatdir, uni ham yuqoridagi kabi yozib chiqish mumkin, buni aniqlashni studentlarga havola qilamiz.

1. Kuchni o'ziga parallel ravishda bir nuqtadan boshqa nuqtaga ko'chirish.

Bunday masalalarni yechish uchun kuchlarni o'z o'ziga parallel ko'chirish haqidagi (*Puasson lemmasi*) qoidaga murojaat qilinadi. Masalan A nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_1$ kuchini o'ziga parallel holda V nuqtaga ko'chirish zarur bo'lsin. Malumki bu kuchni to'g'ridan to'g'ri A nuqtadan olib V nuqtaga ko'chirib qo'ysak jismning holati o'zgarib ketadi, bizning maqsadimiz shuki, bu kuchni A nuqtadan V nuqtaga ko'chirganimizda jismning holati o'zgarmasin.



3.4 shakl.

Buning uchun statikaning ikkinchi aksiomasiga asosan V nuqtaga qiymatlari $\vec{F}_1$ ga teng bo'lgan, o'zaro muvozanatlashuvchi ikkita $\vec{F}_1'$ va $\vec{F}_1''$ kuch vektorini qo'yamiz (3.4 shakl), bu bilan jismning holati o'zgarmaydi. Lekin, u holda $\vec{F}_1'$ va $\vec{F}_1''$ kuchlar juft kuchni tashkil etayotganligi ko'rinib turibdi, va $\vec{F}_1' = \vec{F}_1$ bo'lgan kuch A nuqtadan V nuqtaga ko'chirildi.

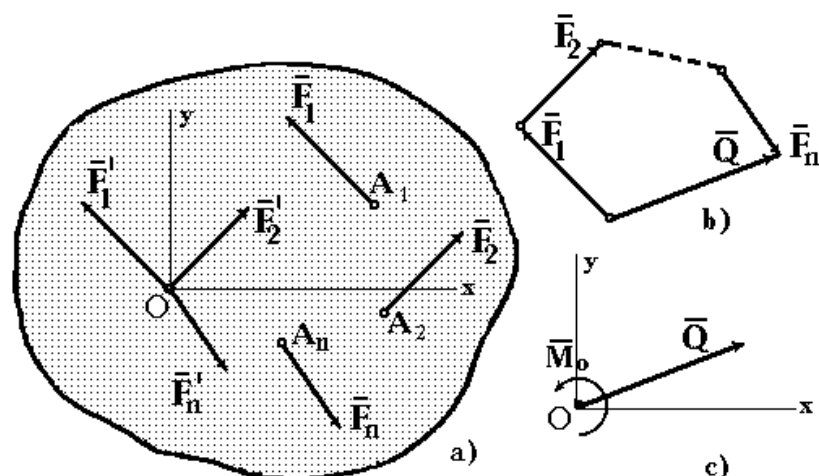
Demak har qanday kuchni bir nuqtadan boshqa bir nuqtaga o'ziga parallel ravishda ko'chirish uchun, bu sistemaga ko'chirilayotgan kuchning ko'chirish nuqtasiga nisbatan olingan momentiga teng bo'lgan momentli juft qo'shish shart ekan.

2. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirish.

Endi biz, bir tekislikda joylashgan, lekin ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishmaydigan (ya'ni tekislikda ixtiyoriy joylashgan), yo'nalishlari ixtiyoriy bo'lgan kuchlar sistemasini qo'shib, ularni ixcham holga keltirishni o'rganamiz.

Boshqacha qilib aytganda, berilgan ixtiyoriy kuchlar sistemasini, shunday bir kuch (keyinchalik uni bosh vektor deb ataymiz) va shunday bir juft (keyinchalik bosh moment deb ataymiz) bilan almashtiraylikki, jism shu bir kuch va bir juft tasirida o'zining ilgarigi holatini o'zgartirmasin. Quyida shu bosh vektor va bosh momentni qanday aniqlash xususida so'z yuritiladi.

Faraz qilaylik, bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi berilgan bo'lsin, ya'ni $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N$ berilgan bo'lsin. Shu kuchlar yotgan tekislikda ixtiyoriy nuqta tanlab olaylik va uni O harfi bilan belgilaylik, so'ngra shu O nuqtani markaz deb xisoblab, yuqoridagi (3.5 shakl. Puasson lemmasiga) qoidaga asosan barcha kuchlarni birin ketin shu nuqtaga o'ziga parallel ravishda ko'chirib qo'yaylik.



3.5 shakl.

U holda O nuqtada berilgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N$ kuchlar sistemasiga parallel bo'lgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N$ yangi kuchlar sistemasi, va N - ta juft kuchlar sistemasi paydo bo'ldi.

Xosil bo'lgan kuchlar sistemasining tasir chiziqlari bir nuqtada, ya'ni O nuqtada kesishganliklari sababli, ularni uchrashuvchi kuchlar sistemasidagi kabi, geometrik yoki analitik usul bilan qo'shamiz. Lekin hosil bo'lgan yigindi vektorni ilgari kabi teng tasir etuvchi deb atayolmaymiz, chunki bu jismga yana bir nechta juft kuchlar etmoqda.

Shuning uchun ushbu yig'indi vektorni bosh vektor deb ataladi, va uni lotincha $\vec{Q}$ harfi bilan belgilanadi, ya'ni

$$\vec{Q} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N = \sum \vec{F}_k \quad (3.6)$$

Endi, shu tekislikda yotuvchi N - ta juftlarni ham, juftlarni qo'shish qoidasi bo'yicha qo'shib, ularning bosh momentini aniqlaymiz, ya'ni

$$M_M = m_M(\vec{F}_1) + m_M(\vec{F}_2) + m_M(\vec{F}_3) + m_M(\vec{F}_4) + m_M(\vec{F}_5) + \dots + m_M(\vec{F}_N) = \sum m_M(\vec{F}_k) \quad (3.7)$$

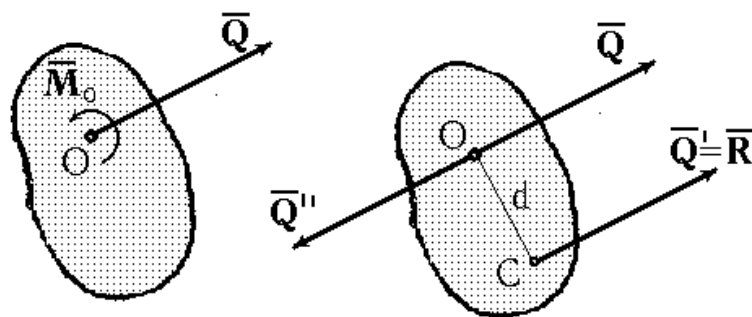
Demak bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir markazga keltirib, ularning bosh vektori va bosh momentini aniqladik. Ularga ko'ra jism qaysi tomonga bosh vektor tasirida ilgarilama harakatda bo'lishligi, va bosh momentga teng bo'lgan juft tasirida qaysi tarafga aylanma harakat qilishligini aniqlab oldik.

3. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini sodda holga keltirish.

Masalalarni yechganimizda, ya'ni bosh vektor va bosh moment aniqlangandan keyin, qo'yidagi hollar bo'lishi mumkin:

- 1) Bosh vektor $\vec{Q} = 0$ ga teng, bosh moment $M_0 \neq 0$. Bu holda jism O nuqta atrofida M_0 ga teng momentli juft tasirida (uning ishorasiga qarab u yoki bu tomonga) faqat aylanma harakat qilayotganligi ko'rinib turibdi.
- 2) Bosh vektor $\vec{Q} \neq 0$ ga teng, bosh moment $M_0 = 0$. Bu holda jism $\vec{Q}$ kuchiga teng bo'lgan bosh vektor ta'sirida faqat ilgarilama harakat qilayotganligi ko'rinib turibdi.
- 3) Bosh vektor $\vec{Q} = 0$ ga teng, bosh moment $M_0 = 0$. Bu holda jismga qo'yilgan kuchlar sistemasining bosh vektori ham, bosh momenti ham nolga teng ekan, demak jism muvozanat holatda ekanligi ko'rinib turibdi. Bu masala alohida ko'rib o'tiladi.
- 4) Bosh vektor $\vec{Q} \neq 0$ ga teng, bosh moment $M_0 \neq 0$. Bu holda qattiq jism bir vaqtning o'zida ham ilgarilama, ham aylanma harakat qilmoqdaligi ko'rinib turibdi.

Masalan poezd vagonining g'ildiragi shunday harakatda bo'ladi, ya'ni bir vaqtni o'zida poezd bilan birgalikda ilgarilama harakat qiladi, ikkinchi tomondan u o'z o'qi atrofida aylanma harakat qiladi.



3.6 shakl.

4) holatda bosh vektor bilan bosh momentni bitta teng tasir etuvchi vektor bilan almashtirish mumkin. Buning uchun bosh momentni qiymatlari Q - ga teng bo'lgan ikkita $\vec{Q}'$ va $\vec{Q}''$ juft kuch bilan almashtiramiz, va bu juftni berilgan O markazga shunday o'rnatiramizki (u 3.6 shaklda ko'rsatilgan) bosh vektor $\vec{Q}$ bilan $\vec{Q}''$ vektori birto'g'richiziqda yotishib yo'nalishlari qarama qarshi bo'lsin, shuning uchun statikaning ikkinchi aksiomasiga asosan ularni jismdan olib tashlash mumkin.

U holda jismga S nuqtaga yagona $\vec{Q}'$ kuchi qo'yilgan bo'ladi xolos, shuning uchun uni teng tasir etuvchi vektor deb atab, $\vec{Q}' = \vec{R}$ harfi bilan belgilanadi.

4. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanatlik sharti.

Yuqorida ko'rib o'tganimizdek, tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanati uchun bosh vektor va bosh moment bir vaqtni o'zida nolga teng bo'lishlari shart, ya'ni

$$\vec{Q} = 0 \quad \text{ba} \quad \vec{M}_O = 0 \quad (3.8)$$

Yuqorida nuqtani ixtiyoriy ravishda tanlab, o'zimiz uni O nuqta deb belgilagan edik, shunga ko'ra masalalar yechganimizda istalgan nuqtaga nisbatan momentlarning yig'indisini nolga tenglasak bo'laveradi.

Muvozanat tenglamasining asosiy ko'rinishi: Malumki, agar berilgan ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasi bir tekislikda yotsa, ular jismni ikkita o'q bo'yicha ilgarilama, (ya'ni Ox va Oy o'qlari bo'yicha ilgarilama,) hamda biror nuqta (masalan O nuqta) atrofida aylanma harakat qildirishi mumkin, shunga ko'ra muvozanat tenglamasining asosiy ko'rinishi qo'yidagicha bo'ladi, ya'ni

$$\begin{aligned} Q_x = 0; \quad Q_y = 0; \quad M_O = 0; \quad \text{ёки} \\ \sum F_{kx} = 0; \quad \sum F_{ky} = 0; \quad \sum m_O(F_k) = 0; \end{aligned} \quad (3.9)$$

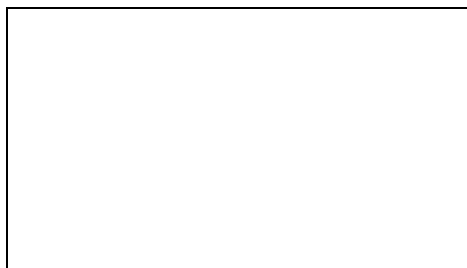
ko'rinishlarda tuziladi, va aksariyat masalalar ushbu tenglamalar sistemasi orqali yechiladi.

Bazi hollardayuqoridagi tenglamalar sistemasi orqali masalalar yechilganda ayrim noqulayliklarga duch kelishimiz mumkin. Shunday hollardaboshqa ko'rinishdagi qo'yidagi ikki xil turdagi tenglamalar sistemasi tuziladi.

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartining ikkinchi ko'rinishi. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun jismga qo'yilgan barcha aktiv kuchlarning va reaksiya kuchlarining ixtiyoriy ikkita A va V nuqtalarga nisbatan olingan momentlarining yigindilari va shu AV kesmaga perpendikulyar bo'lmagan o'qqa proeksiyalarining yigindisi nolga teng bo'lishi shart, ya'ni

$$\sum m_A(\vec{F}_k) = 0, \quad \sum m_B(\vec{F}_k) = 0, \quad \sum \vec{F}_{kx} = 0, \quad (3.10)$$

Bu yerda Ox o'qi AV chiziqqa perpendikulyar bo'lmashligi shart (shakl 3.7).



3.7 shakl.

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartining uchinchi ko'rinishi. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun jismga qo'yilgan barcha aktiv kuchlarning va reaksiya kuchlarining bir to'g'ri chiziqda yotmagan ixtiyoriy uchta A, V, S, nuqtalarga olingan momentlarining yig'inilari nolga teng bo'lishi shart, ya'ni

$$\sum m_A(\vec{F}_k) = 0, \quad \sum m_B(\vec{F}_k) = 0, \quad \sum m_C(\vec{F}_k) = 0, \quad (3.11)$$

Yuqorida takidlaganimizdek masalalar yechganimizda har doim muvozanat tenglamalarining birinchi shartidan foydalanish ma'qulroq, chunki unga hech qanday cheklanishlar qo'yilmagan. Lekin ayrim hollarda ikkinchi va uchinchi shartlardan foydalanish katta afzalliklarga olib kelishi mumkin.

Umuman olganda shuni takidlash lozimki, tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalar sistemasi, har doim uchta tenglamadan iborat bo'lar ekan. Shunga ko'ra biz faqat uchta noma'lumni aniqlashimiz mumkin holos, agar noma'lumlar soni to'rtta va undan ortiq bo'lsa, bunday tenglamalar statik noaniq masalalar deyiladi, va uni statika qismida yechib bo'lmaydi.

Lekin bu bilan unday masalalarni mutloq yechish mumkin emas ekan, degan fikr chiqmasligi kerak. Sababi shuki shunday masalalarni «Materiallar qarshiligi» fanini o'rganilgandan keyingina yechish mumkin bo'lishligini takidlamogchimiz xolos.

Bundan keyin studentlarga shu mavzuga doir masala yechib ko'rsatiladi.

Savollar:

- 1) Kuch vektorini o'z o'ziga parallel ko'chirish uchun nima qilish zarur?
- 2) Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining bosh vektori qanday aniqlanadi?
- 3) Bosh vektor bilan teng tasir etuvchi vektorning farqini aytib bering?
- 4) Qaysi holda bosh vektor teng tasir etuvchi vektor bo'lishi mumkin?
- 5) Agar bosh vektor nolga teng bo'lsa bu nimani anglatadi?
- 6) Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining bosh momenti qanday aniqlanadi?
- 7) Agar bosh moment nolga teng bo'lsa bu nimani anglatadi?
- 8) Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalarini yozib bering?
- 9) Statik aniq masalalar deb qanday masalalarga aytiladi?
- 10) Statik noaniq masalalar deb qanday masalalarga aytiladi?

”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 4: Fazoviy kuchlarni qo’shish va ularning muvozanat sharti.

Varin on teoremasi

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza
<i>Ma ruza rejasi:</i>	Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi. Fazoviy kuchlar sistemasini qo’shish va ularning muvozanat sharti. Fazoviy kuchlar sistemasini bir markazga keltirish. Fazoviy kuchlar sistemasining bosh vektori va bosh momentining analitik ifodalari. Fazoviy kuchlar sistemasining invariantlari. Fazoviy kuchlar sistemasining juftga yoki teng ta’sir etuvchiga keltiriladigan hollari. Varin on teoremasi. Fazoviy kuchlar sistemasi muvozanat shartlarining geometrik va analitik usulda ifodalanishi.
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda Fazoviy kuchlar, Varin on teoremasi, geometrik va analitik usullarini tadbqiqini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Fazoviy kuchlar, juftga yoki teng ta’ sir etuvchiga keltirish. tushunchasini berish - Fazoviy kuchlar sistemasini texnikadagi roli masalasi - Fazoviy kuchlarga oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Fazoviy kuchlar ustida amallar va muozanat shartining geometrik va analitik usullari, Varin on teoremasini tushuntirish Olgan tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakllantiriladi .
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma`ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma`ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, lobaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, lobaratoriya o’tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar
4 maruza

4-Mavzu: Fazoda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasini qo'shish

Mavzuning rejasi

1.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini.

2.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini sodda xolga keltirish.

3.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bosh vektori va bosh momenti.

4. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanatlik sharti.

Mavzuning maqsadi. Bu mavzuning asosiy maqsadi shundaki, talay mashinalar va konstruktsiyalarga ko'pincha fazoviy yo'nalishda bo'lgan ixtiyoriy kuchlar sistemasini ta'sir etishi mumkin. Qo'yida shunday murakkab kuchlar sistemasini ham sodda holdagi kuchlar sistemasiga keltirish, ya'ni ularning bosh vektori va bosh momentini aniqlash qoidalari o'rganiladi.

Tayanch so'z va iboralar: *Fazoviy kuchlar sistemasini, Fazoviy kuchlarni soddalashtirish, bosh vektor, bosh moment, dinamo.*

Bayoni:

1.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini
sodda holga keltirish.

Biz yuqorida tekislikda ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasining bosh vektori va bosh momentini aniqlashni o'rgandik. Endilikda xuddi shunday vazifani fazoviy kuchlar sistemasini uchun bajarishni o'rganamiz.

Faraz qilaylik biror qattiq jismga fazoda ixtiyoriy yo'nalgan va ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishmaydigan bir nechta kuchlar sistemasini ta'sir etsin. ya'ni $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N$ berilgan bo'lsin. Shu kuchlar yotgan sistemada ixtiyoriy nuqta tanlab olaylik va uni O harfi bilan belgilaylik, so'ngra shu O nuqtani markaz deb hisoblab, yuqoridagi (Puasson lemmasiga) qoidaga asosan barcha kuchlarni birin ketin shu nuqtaga o'ziga parallel ravishda ko'chirib qo'yaylik.

U holda O nuqtada berilgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N$ kuchlar sistemasiga parallel bo'lgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5, \dots, \vec{F}_N$ yangi fazoviy kuchlar sistemasini, va N - ta fazoviy juft kuchlar sistemasini paydo bo'ldi.

Xosil bo'lgan kuchlar sistemasining ta'sir chiziqlari bir nuqtada, ya'ni O nuqtada kesishganliklari sababli, ularni uchrashuvchi kuchlar sistemasidagi kabi, geometrik yoki analitik usul bilan qo'shamiz. Lekin hosil bo'lgan yigindi vektorni ilgarigi kabi teng ta'sir etuvchi deb atayolmaymiz, chunki bu jismga yana bir nechta fazoviy juft kuchlar ta'sir etmoqda.

Shuning uchun ushbu yigindi vektorni bosh vektor deb ataladi, va uni lotincha Q harfi bilan belgilanadi, ya'ni

$$\vec{Q} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5, \dots + \vec{F}_N = \sum \vec{F}_k = \sum \vec{F}_k \quad (4.1)$$

Endi, shu sistemada joylashgan N - ta juftlarning vektor momentlarini ham aniqlab, ularni vektor usulida qo'shib bosh momentni hosil qilamiz, ya'ni

$$\vec{M}_O = \vec{m}_O(\vec{F}_1) + \vec{m}_O(\vec{F}_2) + \vec{m}_O(\vec{F}_3) + \vec{m}_O(\vec{F}_4) + \dots + \vec{m}_O(\vec{F}_N) = \sum \vec{m}_O(\vec{F}_k) \quad (4.2)$$

Demak fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir markazga keltirib, ularning bosh vektori va bosh moment vektorini aniqladik, shularga ko'ra jism qaysi tomonga bosh vektor ta'sirida ilgarilama harakatda bo'lishligi, va qanday juft kuch ta'sirida qanday moment bilan qaysi tarafa aylanma harakat qilishligini aniqlab oldik.

Xuddi shu ishlarni tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini uchun bajargan edik. Endi hozirgi bosh vektor va bosh moment bilan, tekislikdagi kuchlar sistemasining bosh

vektori va bosh momentining farqi shundaki, ular jismni faqat ikkita o'q bo'ylab ilgari lama va shu tekislikka perpendikulyar bo'lgan o'q atrofida aylanma harakat qildirishi mumkin edi.

Xozirgi fazoviy masalada esa ushbu bosh vektor va bosh moment qattiq jismni fazodagi uchta o'q bo'yicha (masalan Ox, Oy, Oz o'qlar bo'ylab) ilgari lama va fazodagi uchta o'q atrofida (masalan Ox, Oy, Oz o'qlar atrofida) aylanma harakat qildirishi mumkin, shunga ko'ra,

$$\begin{aligned} Q_x &= F'_{1x} + F'_{2x} + F'_{3x} + F'_{4x} + F'_{5x}, \dots + F'_{Nx} = \sum F'_{kx} = \sum F_{kx} \\ Q_y &= F'_{1y} + F'_{2y} + F'_{3y} + F'_{4y} + F'_{5y}, \dots + F'_{Ny} = \sum F'_{ky} = \sum F_{ky} \\ Q_z &= F'_{1z} + F'_{2z} + F'_{3z} + F'_{4z} + F'_{5z}, \dots + F'_{Nz} = \sum F'_{kz} = \sum F_{kz} \end{aligned} \quad (4.3)$$

xuddi shu kabi bosh momentni koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini ham qo'yidagi uchta tenglamalar sistemasi orqali aniqlaymiz, ya'ni har bir kuchni Ox, Oy, Oz o'qlariga nisbatan momentlarini hisoblab, ularni algebraik ravishda qo'shamiz,

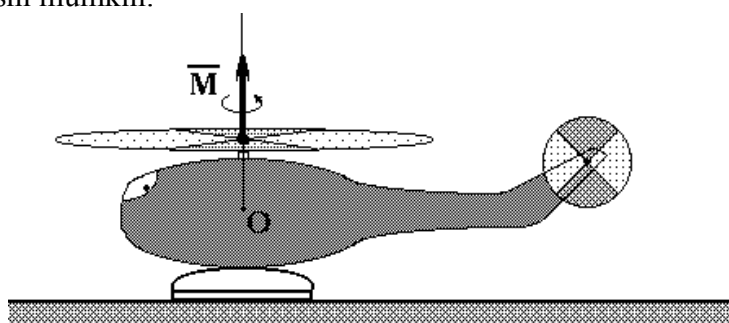
$$\begin{aligned} M_{mx} &= m_{mx}(\vec{F}_1) + m_{mx}(\vec{F}_2) + m_{mx}(\vec{F}_3) + m_{mx}(\vec{F}_4) + m_{mx}(\vec{F}_5) + \dots + m_{mx}(\vec{F}_N) = \sum m_{mx}(\vec{F}_k) \\ M_{my} &= m_{my}(\vec{F}_1) + m_{my}(\vec{F}_2) + m_{my}(\vec{F}_3) + m_{my}(\vec{F}_4) + m_{my}(\vec{F}_5) + \dots + m_{my}(\vec{F}_N) = \sum m_{my}(\vec{F}_k) \\ M_{mz} &= m_{mz}(\vec{F}_1) + m_{mz}(\vec{F}_2) + m_{mz}(\vec{F}_3) + m_{mz}(\vec{F}_4) + m_{mz}(\vec{F}_5) + \dots + m_{mz}(\vec{F}_N) = \sum m_{mz}(\vec{F}_k) \end{aligned} \quad (4.4)$$

Fazoviy kuchlar sistemasining bosh vektori va bosh momentining modullarini qo'yidagi formulalar orqali aniqlaymiz, ya'ni

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2 + Q_z^2} \\ M_O &= \sqrt{M_{Ox}^2 + M_{Oy}^2 + M_{Oz}^2} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Agar e'tibor bergan bo'lsangiz (6.1) vektor tenglamada, va uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari bo'lgan (6.3) tenglamalar sistemasining o'ng tomonida $\sum \vec{F}_k = \sum \vec{F}_k$ tenglik ishorasi qo'yilgan. Buning sababi shuki kuchlarning koordinata o'qlariga olingan proektsiyalari keltirish nuqtasiga bog'liq emas ekan, bu hossani invariantlik deyiladi.

Bu yerda ham tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasida ko'rganimizdek masalalarni yechganimizda, ya'ni bosh vektor va bosh moment aniqlangandan keyin, qo'yidagi hollar bo'lishi mumkin:



4.1 shakl.

- 1) Bosh vektor $Q \neq 0$ ga teng, bosh moment $M_O \neq 0$. Bu holda jism erkin bo'lsa, u O (ixtiyoriy nuqta) nuqta atrofida M_O ga teng momentli juft tasirida (uning ishorasiga qarab u yoki bu tomonga) faqat aylanma harakat qilayotganligini aniqlaymiz.

Masalan, 4.1 shakldagi vertolyotning vinti (parragi) qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakat qilmoqda, vertolyot hali ko'tarilgani yo'q.

- 2) Bosh vektor $Q \neq 0$ ga teng, bosh moment $M_O = 0$. Bu holda jism Q kuchiga teng bo'lgan bosh vektor ta'sirida faqat ilgari lama harakat qilayotganligini aniqlaymiz. Agar jism erkin holatda bo'lsa va ushbu Q kuch vektorining tasir chizig'i, uning og'irlik markazidan o'tsa bunday jism faqat ilgari lama harakat qiladi, va bosh

vektor teng ta'sir etuvchi vektor sifatida ishtirok etadi, ya'ni shu hol uchun $Q \parallel R$ tenglik o'rinli bo'ladi.

3) Bosh vektor $Q \neq 0$ ga teng, bosh moment $M_0 \neq 0$. Bu holda jismga qo'yilgan kuchlar sistemasining bosh vektori ham, bosh momenti ham nolga teng ekan, demak jism muvozanat holatda ekanligi ko'rinib turibdi. Bu masala alohida ko'rib o'tiladi.

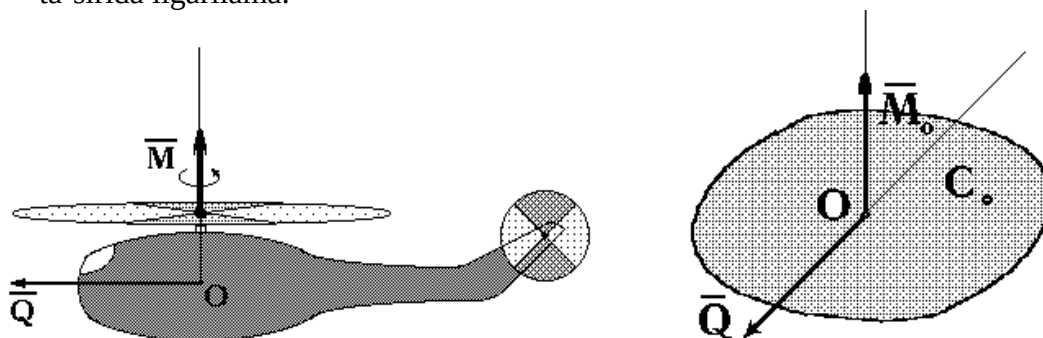
4) Bosh vektor $Q \neq 0$ ga teng, bosh moment $M_0 \neq 0$. Bu holda qattiq jism bir vaqtning o'zida ham ilgarilama, ham aylanma harakat qilmoqda.

Ushbu to'rtinchi holatni alohida tekshirib o'tamiz, chunki tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasida bosh vektor bilan bosh moment vektori bir-birlari bilan faqat 90° burchak tashkil etib yo'nalgan edilar, ya'ni ular o'zaro perpendikulyar holda joylashar edilar.

Fazoviy ixtiyoriy yo'nalgan kuchlar sistemasida esa bu burchak ixtiyoriy qiymatni olishi mumkin, shunga ko'ra qattiq jismning harakati ham turlicha bo'ladi.

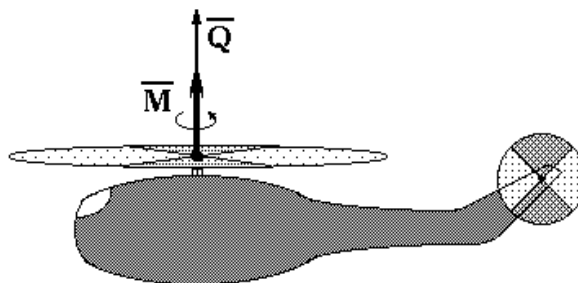
a) Bosh vektor bilan bosh moment o'zaro perpendikulyar ravishda yo'nalgan bo'lsin, ya'ni $\vec{Q} \perp \vec{M}_0$. Bunday holda sistema bitta teng ta'sir etuvchi vektorga aylanadi va ushbu masala 5 - maruzaning 3 paragrafidagi kabi soddalashtiriladi.

Masalan 4.2 shaklda vertolyot gorizontal o'q bo'ylab harakat qilmoqda, vertolyotning vinti (parragi) ikkita harakatda ishtirok etmoqda, qo'zgaluvchan o'q atrofida burovchi moment M - ta'sirida aylanma va vertolyot bilan birgalikda Q - kuchi ta'sirida ilgarilama.



4.2 shakl.

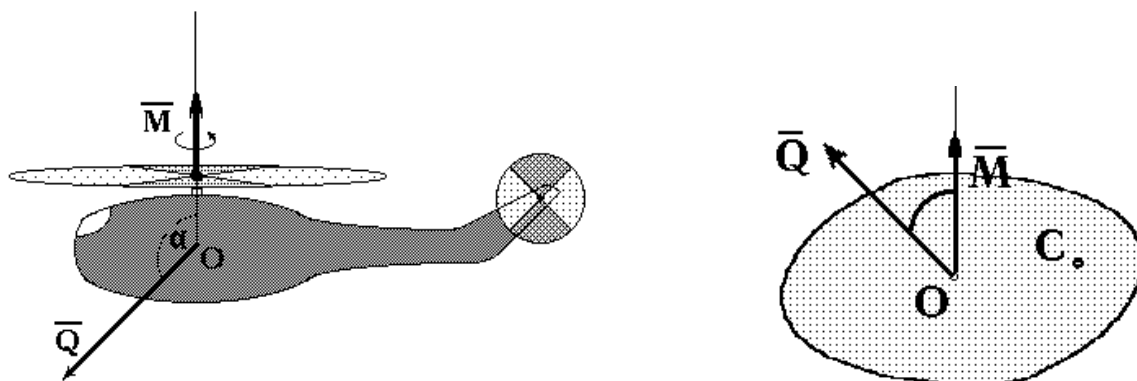
v) Bosh vektor bilan bosh moment o'zaro parallel, ya'ni bir o'q bo'ylab yo'nalgan bo'lsin (4.3 shaklga qarang), ya'ni $\vec{Q} \parallel \vec{M}$. Bunday holatni *dinamo* holati deyiladi, va qattiq jism bunday kuchlar sistemasi ta'sirida vintsimon harakat qiladi. Agar ularning yo'nalishi bir tarafga bo'lsa o'ng vint, aks holda chap vint bo'yicha harakat qiladi.



4.3 shakl.

Masalan, vertolyotning vinti ikkita harakatda ishtirok etmoqda, qo'zgaluvchan o'q atrofida burovchi moment M - ta'sirida aylanma va vertolyot bilan birgalikda Q - kuchi ta'sirida ilgarilama. Lekin aylanma harakat ilgarilama harakatning o'qi atrofida sodir bo'lmoqda.

s) Bosh vektor bilan bosh moment bir-birlari bilan ixtiyoriy burchak ostida yo'nalgan bo'lsinlar (4.4 shaklga qarang), ya'ni $\vec{Q} \angle \vec{M}$. Bu holda vertolyot ixtiyoriy α - burchak ostida ko'tarilmoqda, yoki shunday burchak ostida pasaymoqda.



4.4 shakl.

Bunday holda ham vintsimon harakat bo'ladi, lekin vintning o'qi O nuqtadan emas balki undan hqMG'q - masofada joylashgan va bosh moment vektoriga parallel bo'lgan S o'q atrofida aylanadi. Ushbu masalani studentlarga mustaqil ish sifatida berish maqul deb hisoblayman, shuning uchun uni bu yerda bayon etmayman.

Bu maruzadagi qoidalarga asosan gimnastika va akrobatika bo'yicha jaxon miqyosidagi sportsmenlar turli xil snaryadlarda murakkab figuralar bo'yicha harakat qilishlari uchun alohida tayyorgarlik ko'radilar. Shu mexanika qonunlari asosida, qanday harakat qilishlari uchun, o'z tanasining qaysi joyiga qanday kuch bilan tasir ko'rsatishlari zarurligi ustida ko'p mashq qiladilar.

Bundan keyin studentlarga fazoviy kuchlarni bir nuqtaga keltirish bo'yicha masala yechib ko'rsatiladi.

4. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanatlik sharti.

Yuqorida ko'rib o'tganimizdek, fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanati uchun, shu kuchlar sistemasining bosh vektori va bosh moment vektori bir vaqtni o'zida nolga teng bo'lishlari shart, ya'ni

$$\vec{Q} = 0 \quad \text{ba} \quad \vec{M}_O = 0 \quad (4.6)$$

yuqorida nuqtani ixtiyoriy ravishda tanlab, o'zimiz uni O nuqta deb belgilagan edik, shunga ko'ra masalalar yechganimizda istalgan nuqtaga nisbatan momentlarning yig'indisini nolga tenglasak bo'laveradi.

Muvozanat tenglamalar sistemasining ko'rinishi: Ma'lumki, agar jismga qo'yilgan kuchlar sistemasi fazoda ixtiyoriy yo'nalgan bo'lsalar, ular jismni o'zaro perpendikulyar bo'lgan uchta o'q bo'ylab (masalan Ox, Oy, Oz o'qlar bo'ylab) ilgarilama, hamda shu o'qlar atrofida (masalan Ox, Oy, Oz o'qlar atrofida) aylanma harakat qildirishlari mumkin, shunga ko'ra muvozanat tenglamalar sistemasining ko'rinishi qo'yidagicha bo'ladi, ya'ni

$$\begin{aligned}
Q_x = 0; & \quad Q_y = 0; & \quad Q_z = 0; & \quad \text{ва} \\
M_{Ox} = 0; & \quad M_{Oy} = 0; & \quad M_{Oz} = 0; \\
& \quad \text{ёки} & & (4.7) \\
\sum F_{kx} = 0; & \quad \sum F_{ky} = 0; & \quad \sum F_{kz} = 0; \\
\sum m_{Ox}(F_k) = 0; & \quad \sum m_{Oy}(F_k) = 0; & \quad \sum m_{Oz}(F_k) = 0;
\end{aligned}$$

ko'rinishlarda tuziladi, va fazoviy kuchlar sistemasi muvozanatiga doir masalalar ushbu tenglamalar sistemasi orqali yechiladi.

Bu yerda shuni ta'kidlab o'tish lozimki, fazoviy kuchlar sistemasi uchun 6 - ta muvozanat tenglamalar sistemasi, tuzilganligi sababli, undan 6 - ta noma'lumlarni aniqlash mumkin holos, undan ortiq nomalumlarni ishtirok etgan mexanik sistema statik noaniq sistema hisoblanadi.

Savollar:

- 1) O'anday kuchlar sistemasiga fazoviy kuchlar sistemasi deyiladi?
- 2) Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining geometrik muvozanat shartini yozib bering?
- 3) O'anday kuchlar sistemasiga fazoviy ixtiyoriy yhnalgan kuchlar sistemasi deyiladi?
- 4) Fazoviy kuchlar sistemasining bosh vektori o'anday anio'lanadi?
- 5) O'anday kuchlar sistemasining bosh momenti o'anday anio'lanadi?
- 6) Fazoviy kuchlar sistemasi o'aysi xolda bosh vektor teng tasir etuvchi vektorga aylanishi mumkin?
- 7) Fazoviy kuchlar sistemasi o'aysi xolda dinamoni tashkil etadi?
- 8) Fazoviy kuchlar sistemasi o'aysi xolda bosh moment vektoridan iborat bhladi?
- 9) Bosh vektor bilan bosh moment vektori hzaro ixtiyoriy burchak xosil o'ilgan xolatni tushuntirib bering?
- 10) Fazoviy kuchlar sistemasida muvozanatda bhlgan jismlarga misol keltiring?

”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 5: Ogirlik markazi. Ishkalanish kuchlari.

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejasi:</i>	Ogirlik markazi va uni topish usullari. Bir jinsli oddiy jismlarning ogirlik markazi. Ishkalanish. Sirpanib va dumalab ishkalanish Kulon-Amanton konunlari. Ishkalanish burchagi
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda og’irlik markazini topish usullari ishqalanish kuchlari tadbqiqini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Ishqalanish, sirpanish, duma-lab ishqalanish kuchlar xaqida tushuncha. Amanton qonunlari, ishqalanish burchagi masalasi - og’irlik markaziga oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Bir jinsli jismlarni og’irlik markazlari kuchlar xaqida tushuncha berish. Olgan tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakillantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza ,aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, lobaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, lobaratoriya o’tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma`ruzalar
5- maruza,

5-Mavzu. Kinematika. Nuqta kinematikasi

Mavzuning rejasi

- 1. Kinematika. Kinematikaning vazifalari.**
- 2. Nuqtaning harakat qonunlarini berilish turlari.**
- 3. Dekart koordinata o'qlaridan tabiiy o'qlarga o'tish.**
- 4. Nuqtaning harakatini qutb, tsilindrik va sferik koordinatalar sistemalarida berilishi.**
- 5. Nuqtaning harakat qonunlarini tuzish. Nuqtaning davriy harakatlarining qonuni.**
- 6. Nuqtaning tezligi va tezlanishi.**

Mavzuning maqsadi. Tabiatda har qanday moddiy nuqta ma'lumqonuniyatlar bilan turli xil traektoriyalar, tezlik va tezlanishlar bilan harakatlanadi. Quyida shunday harakatlarning umumiy qonuniyatlarini nuqtaning massasiga boglanmagan holda o'rganamiz.

Tayanch so'z va iboralar: Kinematika, Kinematikaning asosiy vazifasi, universal vaqt, traektoriya, godograf, parametrik tenglama, tabiiy o'qlar, Dekart koordinata o'qlari, radius vektor, vektor tenglama, o'tilgan yo'l, boshlangich holat, krivoship, shatun, polzun, yo'naltiruvchi koordinata ortlari.

Bayoni.

1. Kinematika. Kinematikaning vazifalari.

Kinematika so'zi yunon (grek) tilidan olingan bo'lib «kinematos - harakat» degan manoni anglatadi. Nazariy mexanika fanida shu nomli qism bo'lib, bu qismda biz har qanday moddiy nuqta, qattiq jism yoki mexanik sistemalarning ya'ni har qanday mexanizm va mashinalarning butun harakatlarini yoki ularning ayrim zvenolarini, yoki shu zvenolarining istalgan nuqtalarining harakat qonunlarini o'rganadi.

Lekin biz bu qismda shu moddiy nuqta yoki qattiq jismlarning massalarini etiborga olmasdan o'rganamiz, keyinchalik esa shu harakatlarni ularning massalariga bog'liqlavishda aloxida dinamika qismida o'rganamiz. Shu sababli bu qismda moddiy nuqta so'zini o'rniga to'g'ridan to'g'rinuqta degan so'zdan foydalanaveramiz, ya'ni nuqtaning massasini katta-kichikligini e'tiborga olmaymiz.

Kinematika qismining asosiy vazifasi nimadan iborat degan savolga qo'yidagicha javob berish mumkin: Bu qismda ixtiyoriy nuqta, qattiq jism yoki mexanik sistemalarning yaxlit harakatlarini yoki ularning istalgan nuqtalarining traektoriyasini, uning tezliklari va tezlanishlarini istalgan vaqt uchun aniq hisoblab beruvchi qoidalar o'rganiladi.

Xar qanday mashinani ya'ni foydali ish bajaruvchi uskunani o'rganish, uning harakat qonunlarini o'rganishdan iborat bo'lib, ularni o'rganish uchun ushbu harakatni birorta nisbiy qo'zgalmas bo'lgan xisob sistemasiga nisbatangina aniqlash mumkin bo'ladi. Turli xil foydali ish bajaruvchi mashina va mexanizmlarning zvenolari ma'lumqonuniyatlar bilan harakat qiladilar. Shu mashina va mexanizmlarni loyixalashda, shu zvenolarining qanday qonuniyatlar bilan harakat qilishlari oldindan belgilanadi.

Nazariy mexanikada fazoni uch o'lchovli deb fabul qilinadi, va universal vaqt mobaynida o'lchanadi. Universal vaqt deganimizda uning o'tishi joyga bog'liq emasligini tushuniladi, ya'ni dunyoning qaysi nuqtasida bo'lmaylik vaqt hardoin bir xil o'tishini takidlanadi va 1 sekund vaqt oraligi deb, bir sutkaning 24×60×60 ulushiga aytiladi.

Vaqt sekundlarda o'lchanib, lotincha « s » - harfi bilan belgilanadi. Uzunlik o'lchovi sifatida metr qabul qilingan bo'lib lotincha «m» harfi bilan belgilanadi. Kinematika qismida vaqt va uzunlik o'lchovlaridan boshqa o'lchov birliklari ishlatilmaydi.

2. Nuqtaning harakat qonunlarini berilish turlari.

Nuqtaning harakatini o'rganishni uch xil usulda olib boriladi: tabiiy o'qlar orqali, koordinata o'qlari va vektor usulida.

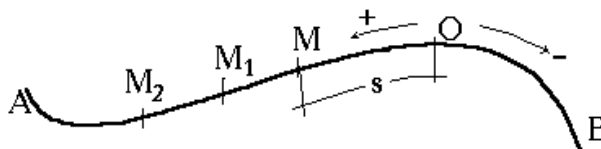
a) Nuqta harakati qonunini tabiiy o'qlarda berilishi.

Faraz qilaylik birorta nuqta fazoda ixtiyoriy egri yokito'g'richiziq bo'ylab harakat qilayotgan bo'lsin. Shu harakatning izini kinematikada traektoriya deb ataladi. Agar traektoriyato'g'richiziqdan iborat bo'lsato'g'richizikli harakat deyiladi, egri chiziqdan iborat bo'lsa egri chizikli harakat deyiladi.

Masalan, soydagi suvda birorta to'p oqib ketayotgan bo'lsa, shu soyning egriligi to'pning traektoriyasi xisoblanadi. Endi shu soyning bo'yida birorta daraxtni yoki boshqa qo'zgalmas bo'lgan jismni tanlab olaylik, va shu to'pning harakatini ana shu nuqtadan boshlab o'lchab borsak, ma'lumvaqt ichida qancha yo'l bosib o'tganligini aniqlaymiz, u orqali uning tezligini aniqlanadi, agar oqish tezligi gox tez, goxi sekin bo'lsa, ya'ni tezligi o'zgaruvchan bo'lsa uning tezlanishini ham aniqlaymiz.

O'sha tanlab olingan qo'zgalmas nuqta, tabiiy o'qning boshi xisoblanadi va u nuqtani O harfi bilan belgilanadi. Shu nuqtadan boshlab, o'qning musbat yoki manfiy taraflarini o'zimiz belgilab olamiz. O'qning boshidan birorta tomonga qilingan harakatni musbat deb tanlasak, unga teskari tomonga qilingan harakat manfiy harakat deb belgilanadi, va shunga qarab tegishli ishoralar bilan belgilanadi. (5.1 shakl)

Shu to'pni o'rniga motorli qayiqni olaylik, uning traektoriyasi ham shu soyning o'zani bo'ylab yo'nalgandir, yoki tramvay vagonini olsak, u faqat shu temir yo'l usti bo'ylab harakat qilaoladi xolos, ya'ni ularning traektoriyalari oldindan ma'lumbo'ladi.



5.1 shakl.

Mexanika fanida to'p, qayiq, tramvay kabi so'zlarni faqat masalalar yechayotganimizda aytiladi xolos, harakatning nazariyasini o'rganishda ularning hammasini bir so'z bilan ya'ni nuqta, yoki qattiq jism deb ataladi. Uning ma'lumt - vaqt o'tgandagi o'rnini belgilovchi funktsiya, shu nuqtaning harakat qonuni deyiladi, va qo'yidagicha yoziladi,

$$sqf(t) \quad (5.1)$$

masalan $sq\ 3t^2-5tQ\ 2\ m.$ ko'rinishda bo'lsa, t - vaqtni o'rniga istalgan sekundni qo'ysak shu vaqtda nuqta tabiiy o'qning qaysi joyida ekanligini aniqlashimiz mumkin.

Masalan $tq0$ sekundda nuqtaning tabiiy o'qdagi koordinatasi $sq3\cdot 0^2-5\cdot 0Q2q2\ metr$ ekan, $tq1$ sekundda $sq3\cdot 1^2-5\cdot 1Q2q0\ metr$, ya'ni koordinata boshiga kelar ekan, demak harakat boshlanganda nuqta o'qning boshlanish joyidan 2 metr musbat tomonga joylashgan ekan, mexanika tilida nuqtaning boshlangich holati deyiladi va lotincha S_0q2 deb yoziladi.

Bundan ko'rinib turibdiki, yuqoridagi qonuniyat bosib o'tilgan masofani emas, balki nuqta qaysi vaqtda tabiiy o'qning qaysi joyida ekanligini aniqlab beradi xolos. Agar nuqta har doim o'qning bir tomoniga qarab harakatlansa, u holda (10.1) formula orqali bosib o'tilgan yo'lni xisoblab chiqarsa bo'laveradi.

Agar nuqta orqaga va oldiga qaytma harakat qilganda (5.1) tenglama orqali o'tilgan yo'lni xisoblab bo'lmaydi. Buning uchun (5.1) tenglamadan vaqt bo'yicha hosila olinadi, agar funktsiya'ning ekstremal qiymatlari bo'lsa, shu qiymatlar oraligidagi vaqtlar uchun aloxida aloxida yo'lni aniqlab, ularni algebraik qo'shiladi.

Masalan, yuqoridagi $sq\ 3t^2-5tQ\ 2$ funktsiyadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olaylik $\frac{ds}{dt} = 6t - 5$, ushbu tenglamani nolga tenglab, vaqtga nisbatan yechib ekstremal nuqtaga

kelguncha o'tilgan vaqtni topamiz, ya'ni $tq = 5G'6$ c. Demak nuqta $5G'6$ sekund vaqt o'tganda o'zining harakat yo'nalishini o'zgartirar ekan, ya'ni tezligi nolga teng bo'lar ekan.

Xarakat qonunini nolga tenglab, qaysi vaqtlarda nuqta koordinata boshida bo'lishligini aniqlash mumkin, ya'ni $sq = 3t^2 - 5tQ = 2q0$. Bu kvadrat tenglamalarni yechib ikkita ildizni aniqlaymiz, ya'ni $t_1q2G'3$ c, t_2q1 c. Biz yuqorida aniqladikki nuqta $tq5G'6$ c. vaqt o'tguncha o'qning manfiy tomoniga qarab harakatlanib o'qning $sq = -1G'12m$. koordinatasida to'xtab so'ngra orqaga ya'ni musbat tomonga qarab harakatni davom etar ekan.

Koordinata boshidan ikki marta o'tar ekan, birinchi marta $t_1q2G'3$ c. vaqt o'tganda, ikkinchi marta t_2q1 c. Nuqta koordinata boshiga ikkinchi marta kelguncha jami bo'lib $sq13G'6$ metr yo'l bosib o'tar ekan. Xarakat boshlanishida, ya'ni $tq0$ c. nuqta o'qning $s0q2$ m, koordinatasida ekanligini aniqladik. Endi shu koordinataga nuqta necha sekunddan keyin yana qaytib kelishini aniqlash uchun, harakat qonunini 2 -ga tenglab, uning ildizlarini aniqlaylik,

$$3t^2 - 5tQ = 2q2, \text{ bundan } 3t^2 - 5tQ, \quad t(3t - 5)q0, \text{ bundan } t_1q0 \text{ c., } t_2q5G'3 \text{ c.}$$

Demak $t_2q5G'3$ c vaqt o'tgandan keyin nuqta o'zining birinchi holatiga yana qaytib kelishida bosib o'tgan yo'lni (10.2) formula orqali aniqlaymiz,

$$\sigma = 3 \cdot \left(\frac{5}{3}\right)^2 - 5 \cdot \frac{5}{3} + 4 \cdot \frac{1}{6} = 4 \frac{1}{6} \text{ metr.}$$

b) Nuqta harakatini koordinata o'qlari usulida berilishi. Ko'p hollardan nuqtaning traektoriyasi oldindan ma'lum bo'lmaydi, faqat har bir koordinata o'qlari bo'ylab uning harakat qonuni berilgan bo'ladi. Agar nuqta to'g'ri chiziqli bo'ylab harakatlansa bitta koordinata o'q, tekislikda harakatlansa koordinata o'qlari ikkita bo'ladi, fazoda harakatlansa koordinata o'qlari uchta bo'ladi, va har bir o'qlar bo'yicha harakat qonunlari berilgan bo'ladi.

Masalan harakat qonunlari,

$$xqf_1(t), \quad yqf_2(t), \quad zqf(t) \quad (5.3)$$

$$\text{yoki} \quad xq3t^2 - 5tQ2, \quad yq2\sin\pi t, \quad zq6tQ5 \quad (5.4)$$

ko'rinishda berilgan bo'lsa, ular orqali nuqtaning ma'lum t - vaqtdagi x, y, z Dekart koordinata o'qlaridagi tegishli holatini aniqlash mumkin xolos. Agarda bosib o'tilgan yo'lni aniqlash zarur bo'lsa, har bir koordinata o'qi bo'yicha yuqoridagi kabi tegishli tenglamalar sistemasini yozib chiqiladi, ularni amaliy darslarda ko'rib o'tiladi.

Agar nuqta faqat bitta tekislikda harakatlansa, uning harakat qonuni ikkita o'qlar orqali yoziladi, masalan

$$xqf_1(t), \quad yqf_2(t), \quad zq0 \quad (5.5)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Agar nuqta faqat to'g'ri chiziqli bo'ylab harakatlansa, uning harakat qonuni bitta o'q orqali yoziladi, masalan

$$xqf_1(t), \quad yqzq0 \quad (5.6)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Yuqoridagi (5.1), (5.4), (5.5), (5.6) tenglamalarning o'ng tomonidagi ifodalar vaqtga bog'liqlavishda o'zgaruvchan bo'lganligi uchun, bunday tenglamalarni parametrik tenglamalar deyiladi.

Agarda shu nuqtaning harakatini traektoriyasini aniqlash zarur bo'lsa, u holda (5.3) tenglamalardan vaqt t -ni yo'qotilib, ularning o'rniga ikkita funktsiya olinadi, ya'ni $yqf(x)$ va $zqf(x)$ lar xosil qilinadi, va ularni nuqta traektoriyasining tenglamalari deyiladi.

Tekislikda harakatlansa uning traektoriyasini aniqlash uchun (5.4) tenglamalardan vaqt t -ni yo'qotilib, ularning o'rniga bitta funktsiya olinadi, ya'ni traektoriya tenglamasi bitta $yqf(x)$ funktsiyadan iborat bo'ladi.

Traektoriya bo'ylab harakat qonunini aniqlash uchun, koordinata o'qlaridan tabiiy o'qlarga o'tish zarur bo'ladi.

3. Dekart koordinata o'qlaridan tabiiy o'qlarga o'tish.

Faraz qilaylik, biror nuqtaning harakati koordinata usulida berilgan bo'lib, tabiiy o'qlarga o'tkazish zarur bo'lsin.

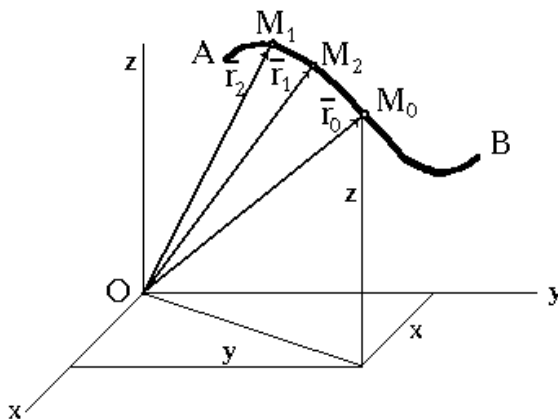
U holda $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$ bo'lganligidan $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$ ni aniqlaymiz. Demak yo'lni aniqlash uchun harakat qonunining differentsialini aniqlash zarur ekan, so'ngra shu differentsiallarni ildiz ostidagi funktsiyaga qo'ysak,

$$ds = \int_0^t \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} \cdot dt, \quad (5.7)$$

kelib chiqadi, bu yerda $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$, $\dot{y} = \frac{dy}{dt}$, $\dot{z} = \frac{dz}{dt}$, (10.6) formulani integrallab, nuqtaning tabiiy o'qlardagi harakat qonunini aniqlaymiz.

So'ngra shu aniqlangan harakat qonuni orqali yuqoridagi kabi tegishli yo'llar bilan, bosib o'tilgan yo'lning parametrik tenglamasini tuzishimiz mumkin.

v) Nuqtaning harakat qonunini vektor usulida berilishi. Aksariyat hollarda harakat qonuni *vektor usulida* beriladi. U qanday usul degan savolga qo'yidagicha javob berish mumkin. Faraz qilaylik biror nuqta ixtiyoriy egri chiziqli traektoriya bo'ylab fazoda harakat qilayotgan bo'lsin. Biz birorta O nuqtani koordinata boshi deb tanlab olaylik va shu nuqtadan boshlab harakatlanayotgan nuqttagacha strelka chiziq o'tkazaylik, shu chiziq nuqtaning radius vektori deyiladi.



5.3 shakl.

U holda tq_0 vaqtdagi strelkaning o'rnini r_0 deb belgilasak, tq_1 sekund vaqtdagi o'rnini r_1 , tq_2 sekund vaqtdagi o'rnini r_2 va hokazo (5.3 shakl)., tartibda belgilab chiqsak, so'ngra shu strelkalarining (radius vektorlarning) oxirgi uchlarini tutashtiruvchi egri chiziq AV - godograf deyiladi, va nuqtaning traektoriyasini belgilaydi. Ummumiy holda qo'yidagi vektor tenglama orqali ifodalanadi,

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad \text{yoki} \quad \vec{r} = x(t) \cdot \vec{i} + y(t) \cdot \vec{j} + z(t) \cdot \vec{k} \quad (5.8)$$

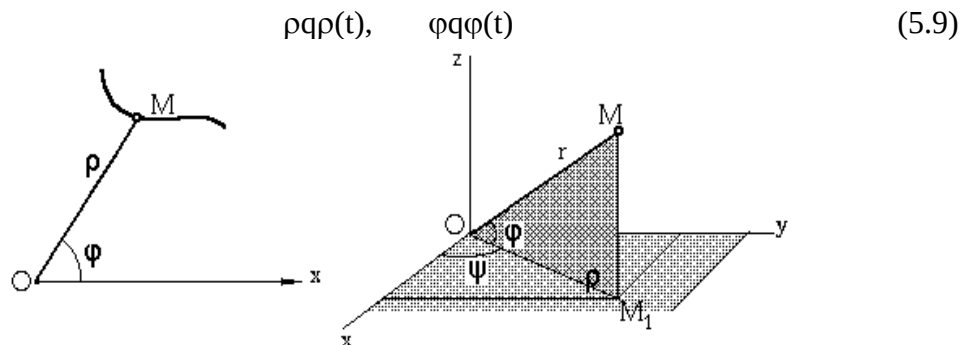
ko'rinishda yoziladi.

Bu yerdagi $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - lar Ox, Oy va Oz o'qlarning yo'naltiruvchi koordinata ortlari deyiladi, ularning son qiymatlari (modullari) ijqkq1-ga teng bo'lib, o'z oldilaridagi

funktsiya`ning moduliga xech qanday tasir ko`rsatmagan holda, ularni ma`lumo`q bo`ylab yo`naltiruvchi vektor koeffitsientdan iborat.

4.Nuqtaning harakatini qutb, tsilindrik va sferik koordinatalar sistemalarida berilishi.

Agar nuqta faqat bitta tekislikda, egri chiziqli harakat qilayotgan bo`lsa qutb koordinatalar sistemasidan foydalaniladi. Bunday sistemada harakatlanayotgan M nuqtaning holatini shu tekislikda ixtiyoriy tanlab olingan O nuqtadan harakatlanayotgan M nuqttagacha (5.4a shakl) bo`lgan radius ρ , va qo`zgalmis Ox o`qi bilan xosil qilgan burchagi φ orqali aniqlanadi, va uning harakat qonuni qo`yidagicha yoziladi,



5.4 shakl.

Agar nuqta fazoda biron sferik sirt bo`ylab harakatlansa, (masalan sharning sirti bo`ylab) u holda masalarni yechishda, sferik o`qlar (5.4b shakl) sistemasi tanlab olinadi.

Bu sistemada harakatlanayotgan M nuqtaning holati uchta qonuniyat bilan yoziladi: 1)Ixtiyoriy tanlab olingan O markazdan o`tkazilgan masofa - OM q  $r$ , 2)  $xOz$  tekisligini Oz o`qi atrofida aylanishidan xosil bo`ladigan burchak -  $\psi$ , 3) OM kesmani qo`zgalmis xOu tekisligi bilan tashkil etgan burchagi φ lar orqali ifodalanadi, ya`ni

$$rqr(t), \quad \psi q\psi(t), \quad \varphi q\varphi(t) \quad (5.10)$$

Agar etibor bergan bo`lsangiz, 5.4 shakldagi  $r$  va  $\rho$  -larning ustida vektor belgilari va strelka ham yo`q, demak ularning funktsiyasi skalyar qiymat bo`lib, faqat OM masofani belgilaydi xolos.

Xarakatlanayotgan M nuqta tsilindrik sirt bo`ylab harakatlansa, uning harakat qonuni qo`yidagicha yoziladi,

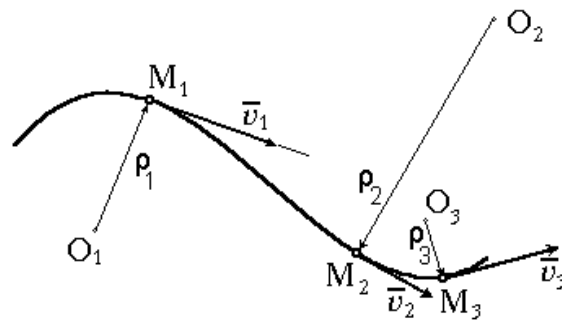
$$\rho q\rho(t), \psi q\psi(t), \quad z qz(t). \quad (5.11)$$

5.Nuqtaning tabiiy o`qlardagi harakatida uning tezligi va tezlanishini aniqlash

Tabiiy o`qlarda nuqtaning tezligini aniqlash uchun uning harakat qonunidan vaqt bo`yicha bir marta hosila olinadi, ya`ni

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (5.12)$$

ga teng bo`ladi. Nuqtaning tezligi vektor qiymat bo`lib, uning yo`nalishi doimo harakat tomonga yo`nalgan bo`lib, traektoriyaga urinma holda bo`ladi (5.1 shakl). Nuqta egri chiziqli harakat qilganda uning oniy egrilik radiuslari - ρ , turlicha bo`lib  $O_1, O_2, O_3$  nuqtalarda tegishlicha  $-\rho_1, -\rho_2, -\rho_3$  larga teng bo`ladi.

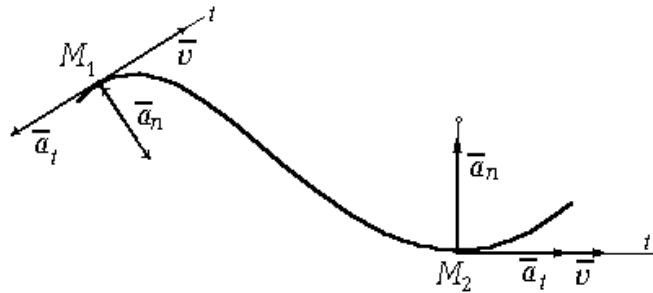


5.1 shakl.

Tabiiy o'qlarda nuqtaning to'liq tezlanishi, ikkita vektor tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi. Bittasi o'rinma tezlanish vektori bo'lsa, ikkinchisi normal tezlanish vektori deyiladi. Urinma tezlanish vektori qo'yidagicha aniqlanadi, uning moduli

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} \quad (5.13)$$

ga teng bo'lib, yo'nalishi nuqtaning traektoriyasiga urinma holda bo'ladi.



5.2 shakl.

Agar nuqta tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsa, (11.2 shakl) M_2 xolat sodir bo'lib, urinma tezlanishning moduli musbat ishorali bo'ladi va tezlik vektori bilan ustma ust yotadi. Agar sekinlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsa, M_1 holat sodir bo'lib, urinma tezlanishning moduli manfiy ishorali bo'lib, tezlik vektoriga qarama qarshi tomonga yo'naladi.

Normal tezlanish vektorining moduli qo'yidagi formula bo'yicha hisoblanadi,

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} \quad (5.14)$$

va u har doim nuqta traektoriyasining botiq tomoniga qarab yo'naladi, va nuqtaning tezlik vektoriga nisbatan perpendikulyar ravishda yo'nalgan bo'ladi (5.2 shakl).

Nuqtaning to'liq tezlanishining moduli Pifagor teoremasi orqali aniqlanadi,

$$a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2} \quad (5.15)$$

Agar nuqtato'g'richizikli traektoriya bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsa, normal tezlanish nolga teng bo'ladi, chunki to'g'richiziqning radiusi cheksizlikka teng bo'lib, $\rho \rightarrow \infty$

(5.3) formulaning chap tarafi $a_n = \frac{v^2}{\rho} = \frac{v^2}{\infty} = 0$ nolga teng bo'ladi.

Ko'p masalalarda traektoriya'ning ma'lumnuqtadagi egrilik radiusini aniqlash zarur bo'ladi, u holda normal tezlanishni aniqlangandan keyin,

$$\rho = \frac{v^2}{a_n} \quad (5.16)$$

formula orqali hisoblanadi.

Agar nuqta o'zgarmas tezlik bilan egri chiziqli traektoriya bo'ylab harakatlanayotgan bo'lsa urinma tezlanish nolga teng bo'ladi, chunki bu holda $vqconst$ bo'ladi, shu sababli undan vaqt bo'yicha olingan hosila nolga teng bo'ladi.

Agar nuqta to'g'ri chiziq bo'ylab $\rho q\infty$, o'zgarmas tezlik $vqconst$ bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning ham normal, ham urinma tezlanishlari nolga teng bo'ladi, chunki

$$$$

Nuqtaning Dekart o'qlaridagi harakatida uning tezligi va tezlanishini aniqlash

uqtaning tezligini aniqlash uchun, har bir koordinata o'qlaridagi harakat qonunlaridan vaqt bo'yicha bir martadan hosila olinib, ya'ni

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \cancel{x} \quad v_y = \frac{dy}{dt} = \cancel{y} \quad v_z = \frac{dz}{dt} = \cancel{z} \quad (5.17)$$

so'ngra Pifagor teoremasi yordamida to'liq tezlikning moduli aniqlanadi,

$$V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\cancel{x}^2 + \cancel{y}^2 + \cancel{z}^2} \quad (5.18)$$

Tezlik vektorining yo'naltiruvchi kosinuslari qo'yidagi formulalar orqali yoziladi,

$$\cos(\vec{\rho}, O_x) = \frac{V_x}{V}, \quad \cos(\vec{\rho}, O_y) = \frac{V_y}{V}, \quad \cos(\vec{\rho}, O_z) = \frac{V_z}{V}, \quad (5.19)$$

Nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun, har bir koordinata o'qlaridagi harakat qonunlaridan vaqt bo'yicha ikki martadan yoki tezlikning o'qlardagi proektsiyalaridan vaqt bo'yicha bir martadan hosila olinib, ya'ni

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \cancel{a_x} \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \cancel{a_y} \quad a_z = \frac{dv_z}{dt} = \cancel{a_z} \quad (5.20)$$

Pifagor teoremasi yordamida to'liq tezlanishning moduli qo'yidagicha aniqlanadi,

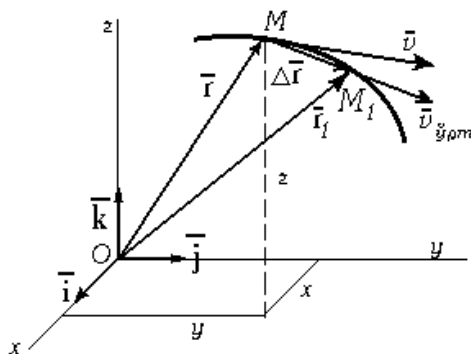
$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{\cancel{a_x}^2 + \cancel{a_y}^2 + \cancel{a_z}^2} \quad (5.21)$$

Tezlanish vektorining O_x , O_y , O_z o'qlari bilan tashkil etgan burchak kosinuslari qo'yidagi formulalar orqali yoziladi,

$$\cos(\vec{a}, O_x) = \frac{a_x}{a}, \quad \cos(\vec{a}, O_y) = \frac{a_y}{a}, \quad \cos(\vec{a}, O_z) = \frac{a_z}{a}, \quad (5.22)$$

Nuqtaning harakati vektor usulda berilganda uning tezligi va tezlanishini aniqlash

Eng asosiy kinematik karakteristikalaridan biri nuqtaning tezligi hisoblanadi. Uni aniqlash uchun nuqtaning M xolatdan M_1 xolatga ko'chib o'tishidagi (5.4 shakl.) elementar radius vektorni aniqlaymiz, $r_1qrQ\Delta r \Rightarrow \Delta r q r_1-r$. U holda shu Δr vektorini elementar vaqtga nisbati, nuqtaning o'rtacha tezligi hisoblanadi,



11.4 shakl.

$$\bar{v}_{\text{ср}} = \frac{\overline{MM_1}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

Nuqtaning haqiqiy tezligini aniqlash uchun, vaqtni nolga intiltirish zarur,

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\bar{v}_{\text{ср}}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Nuqtaning tezlik vektorini aniqlash uchun, uning radius vektoridan vaqt bo'yicha bir marta hosila olish kifoya ekan (5.4 shakl), ya'ni

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \text{ёки} \quad \vec{v} = \frac{dx}{dt} \cdot \vec{i} + \frac{dy}{dt} \cdot \vec{j} + \frac{dz}{dt} \cdot \vec{k} = \dot{x} \vec{i} + \dot{y} \vec{j} + \dot{z} \vec{k} \quad (5.23)$$

Nuqtaning tezlanish vektorini aniqlash uchun, uning radius vektoridan vaqt bo'yicha ikki marta hosila olamiz, ya'ni

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \text{ёки} \quad \vec{a} = \frac{d^2x}{dt^2} \cdot \vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \cdot \vec{k} = \ddot{x} \vec{i} + \ddot{y} \vec{j} + \ddot{z} \vec{k} \quad (5.24)$$

Savollar:

- 1) Universal vaqt tushunchasini tushuntirib bering?
- 2) Nuqta harakatining parametrik tenglamasi deb nimaga aytiladi?
- 3) Nuqtaning traektoriyasi deb nimaga aytiladi?
- 4) Qanday chiziqli godograf deb ataladi?
- 5) Nuqtaning harakat qonuni deb nimaga aytiladi?
- 6) Nuqtaning harakatining qonuni tabiiy o'qlarda qanday beriladi?
- 7) Nuqtaning harakatining qonuni koordinata o'qlarida qanday beriladi?
- 8) Yo'naltiruvchi koordinata ortlari deb nimaga aytiladi?
- 9) Nuqtaning harakati vektor usulida qanday beriladi?
- 10) Koordinata o'qlaridan tabiiy o'qlarga qaysi formulalar orqali o'tiladi?
- 11) Qutb koordinatalar sistemasida harakat qonunlari qanday yoziladi?
- 12) Sferik koordinatalar sistemasida harakat qonuni qanday yoziladi?
- 13) Silindrik koordinatalar sistemasidada harakat qonuni qanday yoziladi?
- 14) Qanday harakatlanuvchi zveno krivoship deb ataladi?

Mavzu 6: Kinematika. Nuqta harakatining berilish usullari.

Tezlik va tezlanish.

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza
<i>Ma ruza rejasi:</i>	Kinematika predmeti va nuqta kinematikasi. Klassik mexanikada vaqt va fazo tushunchalari. Mexanik harakatning nisbiyligi. Kinematika masalalari. Nuqta harakatining berilish usullari: vektor usuli, koordinatalar usuli, tabiiy usul. Nuqtaning harakat izi, (traektoriyasi). Nuqtaning tezlik va tezlanishi vektorlari (tezlik godografi).
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda Kinematika, vaqt va fazo tushunchasi, nuqta xarakatini tadbiqini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Kinematika, mexanik harakatining nisbiyligi - Nuqta harakatining berilish usullari masalasi - Nuqtaning tezlik va tezlanish vektorlari amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Kinematika, vaqt va fazo tushunchasi, nuqta xarakatini berilish usullari tezlik va tezlanish vektorlari olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

6-Mavzu. Qattiq jism kinematikasi. Qattiq jismning eng sodda harakatlari

Mavzuning rejası

1. Qattiq jismning ilgarilama harakati.

2.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofıdagi aylanma harakati.

3.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofıdagi aylanma harakatıdā buriłish burchagi, burchakli tezligi va burchakli tezlanishini hisoblash.

4.Qo'zg'almas o'q atrofıdagi tekis tezlanuvchan aylanma harakat.

5.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofıdagi aylanma harakatıdā uning nuqtalarining kinematikasi.

Mavzuning maqsadı. Ushbu mavzuda qattiq jismlarning kinematikasi (harakati)ni o'rganish boshlanadi. Qattiq jismning ilgarilama va qo'zg'almas o'q atrofıdagi aylanma harakatlarıdā uning istalgan nuqtasining tezlik va tezlanishlarini qanday aniqlash usullari ko'rsatib beriladi

Tayanch so'z va iboralar: Ilgarilama harakat, ilgarilama harakatdagi qattiq jismning nuqtalarini tezligi va tezlanishi, qo'zg'almas o'q atrofıdagi qattiq jismning aylanma harakati, burchakli tezlik, burchakli tezlanish, tekis o'zgaruvchan aylanma harakat qonuni, aylanma harakatdagi nuqtaning chiziqli tezligi va chiziqli tezlanishi.

Bayoni:

Qattiq jismlarning harakatlarini o'rganishdan oldin, statika qismida ko'rilganidek, ularni absolyut qattiq deb faraz qilinadi, ya'ni ularning har qanday harakatlarıdā ham ularda olingan ixtiyoriy ikkita nuqta orasidagi masofa o'zgarmas bo'lib qoladi.

Qattiq jism kinematikasida ikkita asosiy masala ko'riladi:

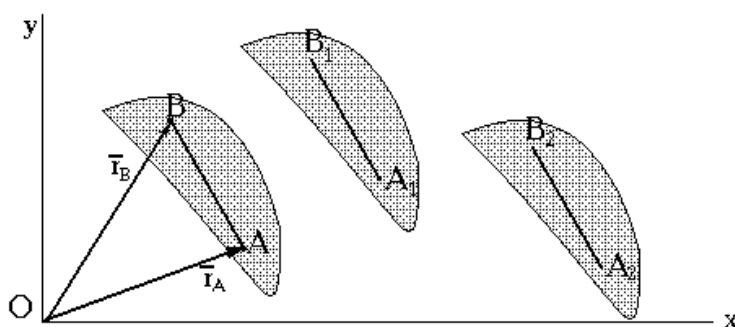
- 1) Qattiq jismning butunligicha qilayotgan harakatini o'rganish,
- 2) Qattiq jismning harakatıdā unda olingan ixtiyoriy nuqtaning traektoriyasi, tezlik va tezlanishlarini aniqlashdan iborat bo'ladi.

1.Qattiq jismning ilgarilama harakati.

Avvalo ilgarilama harakatning tarifi ni o'rganaylik. Ilgarilama harakat deb shunday harakatga aytiladiki, harakat davomida qattiq jismda ixtiyoriy olinganto'g'richiziqli har doim o'z - o'ziga parallel xolatda ko'chadi.

Ilgarilama harakatdagi qattiq jismning nuqtalarining traektoriyalarıto'g'riyoki egri chiziqlardan iborat bo'lishlari mumkin. Masalan ilgarilama harakatlanuvchi poezd vagonining nuqtalarining traektoriyalarıto'g'richiziqlardan iborat bo'ladi, lekin velosiped pedalining nuqtalarining traektoriyalari egri chiziqlardan iborat bo'ladi va hokazo.

Ilgarilama harakatga boshqacha tarif ham berish mumkin. Masalan, qattiq jismning harakatıdā uning barcha nuqtalarining traektoriyalari bir xil bo'lsa, bunday harakat ilgarilama harakat deyiladi. Xaqiqatdan ham har qanday ilgarilama harakatda uning ixtiyoriy nuqtalarining traektoriyalari bir xil bo'lib, ularni ustma ust qo'yilsa bir birini yopadi.



6.1.shakl

Endi qattiq jismning ilgarilama harakatida uning nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini aniqlashni ko'rib chiqamiz. Buning uchun qattiq jismda ixtiyoriy ikkita A va V nuqtalar tanlab olaylik, ularning radius vektorlari tegishli r_A va r_B bo'lsin.

A nuqtaning harakati orqali V nuqtaning harakatini aniqlash uchun qo'yidagi vektor tenglamani yozaylik, ya'ni

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + \overline{AB} \quad (6.1)$$

bo'ladi. V nuqtaning tezligini aniqlash uchun (11.1) vektor tenglamadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olamiz,

$$\frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt} + \frac{d(\overline{AB})}{dt} \quad (6.2)$$

Lekin absolyut qattiq jismda olingan har qanday AV kesma, o'zining uzunligini (modulini) o'zgartirmasligi va harakat ilgarilama bo'lganligi sababli $\overline{AB} = \text{const}$, ya'ni 6.1 shakldan ko'rinib turgandek AV kesma doimo o'z-o'ziga parallelligini saqlab qolishini etiborga olsak, oxirgi yigindi nolga teng bo'ladi, ya'ni $\frac{d(\overline{AB})}{dt} = 0$ bo'ladi, shu sababli (6.2) tenglamadan qo'yidagini olamiz,

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A \quad (6.3)$$

(6.3) formuladan ko'rinib turibdiki, ilgarilama harakatdagi har qanday jismning barcha nuqtalarining tezlik vektorlari birxil bo'lar ekan.

Tezlanishni aniqlash uchun (6.3) tenglikdan vaqt bo'yicha bir marta hosila olamiz,

$$\frac{d\vec{v}_B}{dt} = \frac{d\vec{v}_A}{dt} \quad \text{ёки} \quad \vec{a}_B = \vec{a}_A \quad (6.4)$$

Demak ilgarilama harakatdagi qattiq jismning barcha nuqtalarining tezlanish vektorlari ham bir xil bo'lar ekan.

Ushbu ikki qoida orqali, shuni aniqladikki, ilgarilama harakatdagi qattiq jismning birorta nuqtasini tezligini bilish barcha nuqtalarning tezligini bilishga teng ekan. Xuddi shunday qoida tezlanishlar uchun ham o'rinlidir.

2.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakati.

Faraz qilaylik birorta qattiq jism qo'zgalmas Oz o'qi atrofida aylanma harakat qilayotgan bo'lsin. Yuqorida takidlaganimizdek bizning asosiy vazifamiz, jismning shu harakatining umumiy kinematik karakteristikalarini o'rganish va shu jism nuqtalarining kinematik karakteristikalarini o'rganishdan iborat bo'ladi.

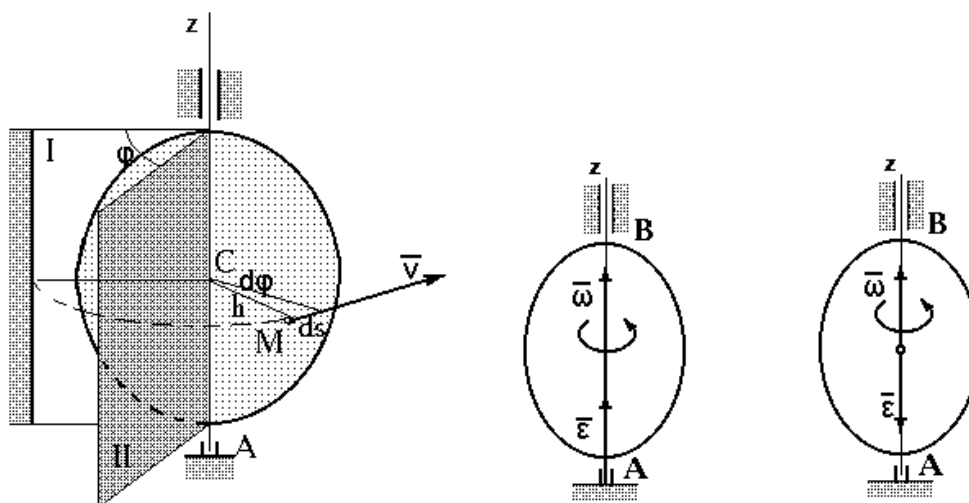
Qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatining umumiy kinematik karakteristikalari deb, uning qaysi nuqtaligidan qat'iy nazar, ya'ni hamma nuqtalari uchun bir xil bo'lgan kinematik karakteristikalariga aytiladi. Ular uchta parametrdan iborat bo'lib, burilish burchagi, burchakli tezlik va burchakli tezlanishdan iboratdir.

Qattiq jismning shunday harakatida unda olingan ayrim nuqtalarining kinematik karakteristikalariga ham uchta parametrlar kiradi. Bular: ixtiyoriy olingan nuqtaning ma'lumvaqt oraligidagi bosib o'tgan yo'li, uning chiziqli tezligi va chiziqli tezlanishidan iborat bo'ladi.

Agar biz yuqoridagi oltita parametrlarni ixtiyoriy olingan vaqt uchun aniq hisoblab bera olsak, shu qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofida harakatining kinematikasini batamom o'rganish xisoblanamiz.

3.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatida burilish burchagi, burchakli tezligi va burchakli tezlanishini hisoblash.

Qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakati qo'yidagicha tariflanadi: Agar qattiq jismning harakati davomida uning ixtiyoriy olingan ikki nuqtasi har doim (harakatsiz) qo'zgalmas qolsa, bunday harakat qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakat deyiladi



6.2 shakl.

6.2a shakldan ko'rinib turibdiki, bunday qo'zgalmas nuqtalar A va S nuqtalardan iborat bo'lib, shu nuqtalarni kesib o'tuvchi o'q aylanish o'qi deyiladi. Shaklda ikkita tekislik ko'rsatilgan bo'lib, ulardan biri I tekislik qo'zgalmas, II tekislik jism bilan birgalikda harakatlanadi. I tekislikka nisbatan II tekislik jism bilan birgalikda Az o'q atrofida ma'lum burchakka burilsa, bunday harakat aylanma harakat deyiladi, φ burilish burchagi deyiladi va radianlarda o'lchanadi.

Ixtiyoriy olingan vaqt uchun, jism necha radianga burilganligi ifodalovchi funksiya, qattiq jismning aylanma harakatining qonuni deyiladi, va qo'yidagicha yoziladi

$$\varphi = \varphi(t) \quad (6.5)$$

Agar Δt - vaqt ichida, qattiq jism Δφ burchakka burilgan bo'lsa o'rtacha burchakli tezlik deb, burilish burchagini shu burilish uchun sarflangan vaqtga nisbatiga aytiladi, va yunoncha - ω (omega) harfi bilan belgilanish qabul qilingan, ya'ni

$$\omega_{\text{avg}} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

xaqiqiy burchakli tezlikni aniqlash uchun, burilish burchagining funksiyasidan vaqt bo'yicha bir marta hosila olish lozim bo'ladi, ya'ni

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (6.6)$$

Etibor bergan bo'lsangiz, burilish burchagi - φ va burchakli tezlik -ω lar vektor shaklida ifodalangan, xaqiqatdan ham ular vektor qiymat bo'lib, ularning uchlaridan qaraganimizda qattiq jism soat strelkasiga teskari yo'nalishda aylanma harakat qilayotgan bo'lishi shart, aks holda ular manfiy ishoralar bilan belgilanadi.

Burilish burchagi vektori - φ, va burchakli tezlik vektori - ω aylanish o'qida yotadilar, va hardaim bir tomonga yo'nalgan bo'ladilar.

Agar qattiq jism bir xil o'zgarmas tezlik bilan harakatalanayotgan bo'lsa, ya'ni ω=const bo'lsa, burchakli tezlanish bo'lmaydi, agarda burchakli tezlik o'zgaruvchan bo'lsa, ya'ni ω≠const bo'lsa burchakli tezlanish paydo bo'ladi, va uni yunoncha - ε (epsilon) harfi bilan belgilash qabul qilingan.

Burchakli tezlanish vektori, burchakli tezlik vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga yoki burilish burchagidan olingan ikkinchi hosilaga teng bo'ladi, ya'ni

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad \text{ёки} \quad \rho = \frac{d^2\phi}{dt^2} \quad (6.7)$$

formulalar orqali ifodalanadi.

Burchakli tezlanish vektorining yo'nalishi ikki xil bo'ladi, agar harakat tezlanuvchan bo'lsa $\varepsilon > 0$ bo'ladi va burchakli tezlik vektori bilan bir tomonga yo'naladi (6.2b shakl), agar harakat sekinlanuvchan bo'lsa $\varepsilon < 0$ bo'ladi, va burchakli tezlik vektoriga qarama qarshi tomonga yo'naladi (6.2s shakl).

4.Qo'zg'almas o'q atrofidagi tekis tezlanuvchan aylanma harakat.

Biz yuqorida qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofidagi harakatida uning umumiy kinematikasini ko'rib o'tdik, ya'ni agarda harakat qonuni $\phi = \phi(t)$ berilgan bo'lsa, uning burchakli tezlik va burchakli tezlanishlarini qanday aniqlash usullarini batafsil ko'rib o'tdik.

Endi biz teskari masalani ko'rib o'taylik, ya'ni qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofidagi harakatining burchakli tezlanishi berilgan bo'lsa, uning burchakli tezligi va burilish burchagining qonunini qanday aniqlashni o'rganaylik.

Aksariyat masalalarda burchakli tezlanish beriladi, biz uni qanday aniqlashni keyinchalik dinamika qismida batafsil o'rganamiz, lekin hozirda ushbu burchakli tezlanish berilgan faraz qilaylik, va u o'zgarmas qiymatdan iborat bo'lsin, ya'ni $\varepsilon = \text{const}$ bo'lsin. U holda burchakli tezlikni aniqlash uchun, uni bir marta integrallashimiz lozim,

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad \text{буцгани сабабли} \quad d\omega = \varepsilon \cdot dt \quad \text{ва} \quad \int d\omega = \varepsilon \cdot \int dt \quad \text{ёки} \quad \omega = \varepsilon \cdot t + C_1$$

bu yerda C_1 - integral doimiysi, uni aniqlash uchun burchakli tezlikning boshlangich qiymati berilgan bo'lishi shart, tq0 c. vaqtdagi burchakli tezlik - ω_0 ga teng bo'lsin. U holda bularni oxirgi tenglamaga qo'yib C_1 -ni qiymatini aniqlaymiz, shunga ko'ra burchakli tezlikning funktsiyasi qo'yidagicha yoziladi,

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t \quad (6.8)$$

Burilish burchagining qonunini yoki aylanma harakat qonunini aniqlash uchun oxirgi tenglamani yana bir marta integrallash lozim,

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} = \omega_0 + \varepsilon \cdot t \quad \text{дан} \quad d\phi = \omega_0 \cdot dt + \varepsilon \cdot t \cdot dt \quad \text{ёки} \quad \int d\phi = \omega_0 \cdot \int dt + \varepsilon \cdot \int t \cdot dt$$

bu yerda ω_0 va ε - lar o'zgarmas bo'lganligi uchun, ularni intgraldan tashqariga chiqarib integrallaymiz, ya'ni

$$\phi = \omega_0 \cdot t + \varepsilon \cdot \frac{t^2}{2} + C_2.$$

Integral doimiysi C_2 - aniqlash uchun burilish burchagining boshlangich qiymati berilgan bo'lishi shart, ya'ni tq0 c. dagi ϕ_0 - odatda ma'lum bo'ladi, bularni oxirgi tenglamaga qo'ysak $\phi = \phi_0 + \omega_0 \cdot t + \varepsilon \cdot \frac{t^2}{2}$ ekanligini aniqlaymiz, u holda qattiq jismning tekis o'zgaruvchan aylanma harakatining qonuni qo'yidagicha yoziladi,

$$\phi = \phi_0 + \omega_0 \cdot t + \varepsilon \cdot \frac{t^2}{2}. \quad (6.9)$$

(6.8) va (6.9) formulalar, tekis o'zgaruvchan aylanma harakatdagi qattiq jismning harakat qonunlari deyiladi.

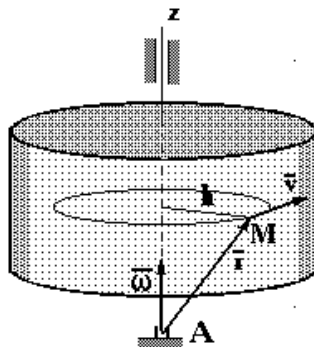
5.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatida uning nuqtalarining kinematikasi.

Biz oldingi maruzada faqat erkin nuqtaning kinematikasini ko'rib o'tgan edik, endi biz boglanishdagi nuqtaning kinematikasini ko'rib o'tamiz. Bu yerdagi barcha nuqtalarga qo'yilgan boglanishlar sababli, ularning har biri faqat shu bitta qo'zgalmas o'q atrofida

aylanma harakat qiladilar xolos. Shunga ko'ra ularning har birini harakatining traektoriyalari shakl jixatdan bir xil formada, ya'ni aylanalardan iborat bo'lib, bir birlaridan faqat radiuslari bilan farqlanadilar.

Demak qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning barcha nuqtalarining traektoriyalari, tegishli radiusli aylanalardan iborat bo'lar ekan.

Endi shunday harakatdagi qattiq jism nuqtalarining chiziqli tezlik va chiziqli tezlanishlarini aniqlaylik. Qattiq jismda birorta ixtiyoriy nuqta olaylik va uning boshlangich holatini M_0 - bilan belgilaylik, so'ngra dt - vaqt o'tgandan keyingi holatini M_1 - bilan belgilaylik, u holda shu nuqtaning umumiy bosib o'tgan yo'li ds ga teng bo'ladi.



11.3 shakl.

U holda bu nuqtaning chiziqli tezligi qo'yidagicha aniqlanadi, ya'ni $v = \frac{ds}{dt}$ va $ds = h \cdot d\phi$ bo'lgani uchun $v = \frac{h \cdot d\phi}{dt} = h \cdot \frac{d\phi}{dt} = h \cdot \omega$ demak, qo'zgalmas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jism nuqtalarining chiziqli tezligi,

$$\boxed{v = \omega \cdot r} \quad (6.10)$$

formula bilan ifodalanar ekan, bu yerda h - nuqtaning aylanish o'qigacha bo'lgan masofasi, ya'ni radiusi. Chiziqli tezlik vektorining yo'nalishi doimo nuqtaning traektoriyasiga urinma holda yo'naladi.

Aslida o'zgarmas radius $r = \text{const}$, bo'lgan vektorning aylanma harakatidagi elementar o'tilgan yo'l ham vektor qiymat bo'lib (6.3 shakl),

$$d\vec{s} = d\vec{\phi} \times \vec{r} \quad (6.11)$$

shu nuqtaning chiziqli tezlik vektorini aniqlash uchun (6.11) tenglikni dt - ga nisbatini olish kerak,

$$\frac{d\vec{s}}{dt} = \frac{d\vec{\phi}}{dt} \times \vec{r} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad \text{yoki} \quad \vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \quad (6.6)$$

ya'ni, burchakli tezlik vektorini nuqtaning radius vektoriga vektor ko'paytmasi nuqtaning chiziqli tezlik vektoriga deyiladi. Ushbu (6.6) formulani Eyler formulasi deyiladi.

Masalalar yechganimizda,

$$V = \omega \cdot r \quad (6.6a)$$

formuladan foydalaniladi, bu yerda r - aylanish radiusi,

Qo'zgalmas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jism nuqtalarining tezlanishlari ikkita vektor yigindidan iborat bo'ladi, ulardan biri urinma - a_τ tezlanish vektori, ikkinchisi normal - a_n tezlanish vektorlardan iborat bo'ladi. Buni aniqlash uchun (6.6) tenglamadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olish lozim,

$$\boxed{a = \frac{dv}{dt}} \quad \text{va} \quad a_\tau = \frac{dv}{dt}, \quad a_n = \frac{d\omega}{dt} \cdot r, \quad \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{r}$$

lar bilan belgilab chiqsak,

$$\vec{a} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \quad (6.13)$$

bu yerda

$$\vec{a}_\tau = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} \text{ - urinma tezlanish,} \quad (6.14)$$

$$\vec{a}_n = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) \text{ - normal tezlanishdan iborat.} \quad (6.15)$$

Nuqta kinematikasidagi maruzada ko'rganimizdek, urinma tezlanishning moduli

$$a_\tau = R \cdot \varepsilon \quad (6.16)$$

Normal tezlanishning moduli esa, qo'yidagi formula bilan aniqlanadi,

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(R \cdot \omega)^2}{R} = R \cdot \omega^2 \quad \text{bu yerda } R \text{ - nuqtaning aylanish radiusi, demak}$$

$$a_n = R \cdot \omega^2 \quad (6.17)$$

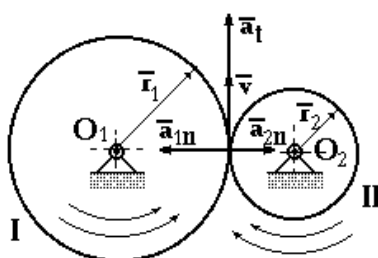
Yuqoridagilarga asosan, aylanma harakatdagi qattiq jism nuqtalarining to'liq tezlanishi,

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = R \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad (6.18)$$

formula bilan aniqlanadi.

MASALA. 6.4 shaklda radiusi - r_1 ga teng bo'lgan I tishli gildirak, radiusi - r_2 ga teng bo'lgan II tishli gildirak bilan tashqi tishlashuv orqali boglangan. 1 nchi gildirak ω_1 - burchakli tezlik va ε_1 - burchakli tezlanish bilan aylanma harakat qilmoqda. II gildirakning burchakli tezligi - ω_2 va burchakli tezlanishi - ε_2 , va shu gildiraklarning tutashgan nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini aniqlansin.

Echish. Tishli gildiraklarning tutashgan nuqtalarining tezliklari hardoim bir biriga teng bo'ladi, shu sababli ulardan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila shu nuqtaning urinma tezlanishini beradi, shu sababli ushbu nuqtaning urinma tezlanish vektori ham nolga teng bo'ladi.



11.4 shakl.

Tutashgan nuqtalardagi tezliklarning modullarini tengligidan, qo'yidagi tenglamani yozamiz,

$$v_{qr1} \cdot \omega_1 = r_2 \cdot \omega_2$$

bundan, ikkinchi gildirakning burchakli tezligini topamiz,

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{r_1}{r_2} \quad (6.a)$$

lekin ikkinchi gildirakning aylanishi birinchi gildirakning aylanishiga teskari yo'nalgan bo'ladi. Urinma tezlanishlar esa bir tomnga yo'nalgan bo'ladi,

$$a_\tau = r_1 \cdot \varepsilon_1 = r_2 \cdot \varepsilon_2 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot \frac{r_1}{r_2} \quad (6.b)$$

Ikkala gildirakning tutashgan nuqtalaridagi normal tezlanishlarni aniqlaymiz, ular harxil bo'ladi va yo'nalishlari o'zaro qarama qarshi bo'lib, bir to'g'ri chiziqli yotadilar,

$$a_{1n} = r_1 \cdot \omega_1^2, \quad a_{2n} = r_2 \cdot \omega_2^2 = \frac{r_1^2}{r_2} \cdot \omega_1^2 \quad (6.c)$$

Savollar:

- 1) Ilgarilama harakat deb qanday harakatga aytiladi?
- 2) Ilgarilama harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik vektorlari o'zaro qanday munosabatda bo'ladi?
- 3) Ilgarilama harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanish vektorlari o'zaro qanday munosabatda bo'ladi?
- 4) Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatdagi qattiq jismning harakat qonunini yozib bering?
- 5) Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatdagi qattiq jismning burchakli tezligi deb nimaga aytiladi va u qanday aniqlanadi?
- 6) Qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatdagi qattiq jismning burchakli tezlanishi qanday aniqlanadi?
- 7) Tekis o'zgaruvchan aylanma harakatdagi qattiq jismning harakat qonunini yozib bering?

”Nazariy mexanika” o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 7: Nuqtaning tezlik va tezlanishi. Urinma va normal tezlanishlar.

Vaqt: 2 soat	
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza

<i>Ma ruza rejasi:</i>	Nuqtaning tezlik va tezlanishi, uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari orqali aniqlash Tezlanish vektorining tabiiy uklardagi proektsiyalari. Urinma va normal tezlanishlar.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda tezlanish vektorining tabiiy o'qlardagi proektsiya tadbiqini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Nuqtaning tezlik va tezlanishining tabiiy o'qlardagi proektsiyalari - Urinma va normal tezlanishlar - Koordinata o'qlardagi proektsiyalariga oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Nuqtaning tezlik va tezlanishi koordinata o'qlaridagi proektsiyalari, urinma va normal kuchlanishlar Olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta`lim usullari</i>	<i>Ma`ruza ,aqliy hujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta`lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta`lim vositalari</i>	<i>Ma`ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta`lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

**”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta lim
texnologiyasi modeli.**

Mavzu 7: Nuqtaning tezlik va tezlanishi. Urinma va normal tezlanishlar.

Vaqt: 2 soat	
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza
<i>Ma ruza rejasi:</i>	Nuqtaning tezlik va tezlanishi, uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari orqali aniqlash Tezlanish vektorining tabiiy uklardagi proektsiyalari. Urinma va normal tezlanishlar.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda tezlanish vektorining tabiiy o'qlardagi proektsiya tadbiqini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Nuqtaning tezlik va tezlanishining tabiiy o'qlardagi proektsiyalari - Urinma va normal tezlanishlar - Koordinata o'qlardagi proektsiyalariga oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Nuqtaning tezlik va tezlanishi koordinata o'qlaridagi proektsiyalari, urinma va normal kuchlanishlar Olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza ,aqliy hujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar
7. - maruza,

7-Mavzu. Qattiq jismning tekislikka parallel harakati

Mavzuning rejasi

1.Qattiq jismning tekislikka parallel harakati.

2. Qattiq jismning tekislikka parallel harakatidagi nuqtalarining traektoriyalarini aniqlash.

3. Qattiq jismning tekislikka parallel harakatidagi nuqtalarining tezliklarini aniqlash.

4. Qattiq jismning ikki nuqtasining tezliklarining proektsiyasi xaqidagi teorema.

5. Qattiq jismning tezliklarini oniy tezliklar p markazi orqali aniqlash.

Mavzuning maqsadi. Mashinashunoslikda, har qanday avtomashina, poezd, samolyot, suv usti va suv osti kemalari, zavod va fabrikalardagi turli xil texnologik mashinalarning aksariyat qismi tekislikka parallel harakat qiladilar. Shunday harakatlarning kinematikasini o'rganish, ularni boshqarish, harakat qonunlarini aniqlash masalalari hozirgi zamon texnikasining dolzarb masalalaridan xisoblanadi.

Xar qanday texnologik mashinaning birorta zvenosi, belgilangan harakatlardan ozgina chetlasa, butun maxsulot brak bo'lishi mumkin. Shunday masalalarni yechish uchun ushbu maruza asosiy ahamiyatga ega bo'ladi.

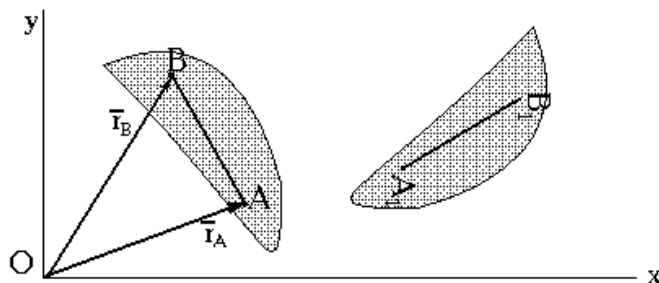
Tayanch so'z va iboralar: Qattiq jismning tekislikka parallel harakati, uning harakat qonuni, qutb, oniy tezliklar markazi, qattiq jismning ikki nuqtasining tezliklarining proektsiyalari xaqidagi teorema.

Bayoni:

1. Qattiq jismning tekislikka parallel harakati.

Tarif: *Qattiq jismning tekislikka parallel harakati deb, shunday harakatga aytiladiki, shu qattiq jismda olingan ixtiyoriy tekislik harakat davomida hardoin birorta qo'zgalmas tekislikka paralleligini saqlab qolaveradi.*

Bunday harakat qiluvchi qattiq jismlar deyarli har bir mashina va tenologik dastgoxlarda birnechalab uchraydi. Masalan, avtomobilning to'rtta gildiragi, poezdning barcha gildiraklari, krivoship - shatun mexanizmining shatuni va hokazolar (13.1 shakl).



7.1 shakl.

13.1 shaklda xOu tekisligida, qattiq jism tekislikka parallel harakat qilmoqda, bunday harakatning asosiy belgisi shundan iboratki, jism hardoin bir xOu tekisligida qoladi, lekin shu jismda olingan ixtiyoriy AV kesma, o'z o'ziga paralleligini saqlamagan holda harakatlanadi.

Shakldan ko'rib turganingizdek, AV kesma OX o'qi bilan mutloq boshqa burchak tashkil etgan xol tasvirlangan. Boshqacha qilib aytganda shu qattiq jism ikkita oddiy harakatda ishtirok etadi, bittasi ilgarilama harakat, ikkinchisi aylanma harakat.

Bunday harakatda ham asosan ikkita masala yechiladi:

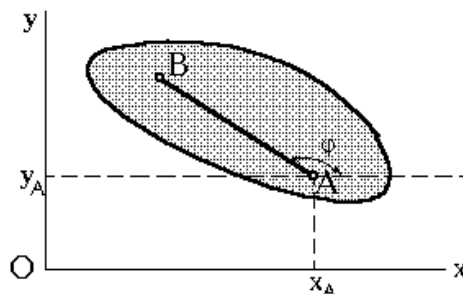
Birinchi masala, shu qattiq jismning umumiy kinematikasi, ya'ni qaysi nuqtaligidan qat'iy nazar bo'lgan kinematik parametrlar, ya'ni qattiq jismning burchakli tezligi, burchakli tezlanishi va (polyus) qutbning harakat qonuni.

Ikkinchi masala, shu qattiq jismning ixtiyoriy olingan nuqtasining kinematikasi, ya'ni uning traektoriyasi, chiziqli tezligi va chiziqli tezlanishini aniqlashdan iborat bo'ladi.

Agar shu ikkala masalani, ixtiyoriy olingan vaqt uchun aniq tenglamalar orqali yechaolsak, qattiq jismning tekislikka parallel harakatining kinematikasini o'rgangan

xisoblanamiz. Demak oldimizga qo'yilgan shu ikkita vazifa aniq bo'ldi, endi shu ikki masalani qanday yechilish yo'llari bilan sekin asta tanishib chiqaylik.

Avvalo qattiq jismning birorta nuqtasini qutb deb tanlab olamiz, so'ngra qolgan barcha nuqtalarining harakatlarini shu qutb nuqta orqali aniqlanadi. Qutbni tanlash qanday bo'lishi maqulroq, degan savolga javob shuki, qaysi nuqtaning tezligi ma'lumbo'lsa shu nuqtani qutb deb tanlab olinadi, agar tezligi nolga teng bo'lgan nuqta qutb deb qabul qilinsa, ishimiz yana ham a'lo bo'ladi.



7.2 shakl.

Tekislikda xOu qo'zg'almas koordinata o'qlarini o'tkazaylik (7.2 shakl), agar qattiq jismdagi A nuqtaning harakat qonuni bizga ma'lumbo'lsa, uni qutb deb qabul qilaylik. Qattiq jismda ixtiyoriy boshqa V nuqtaning harakat qonunini aniqlash talab etilsin. U holda A nuqtani V nuqta bilan birlashtirsak, AV kesmaning harakati qattiq jismning tekislikka parallel harakatining kinematikasini aniqlab beradi.

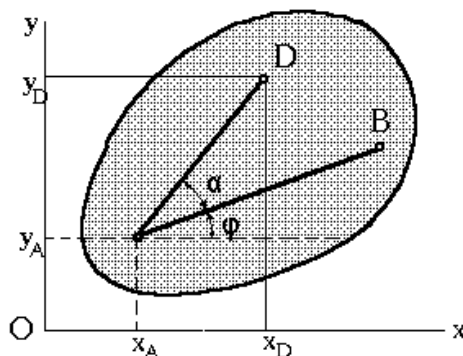
Qattiq jism tekislikka parallel harakat qilganda, masalan poezd gildiragining harakati, tekislikka parallel harakatdan iborat bo'lganligi uchun, gildirakning markazini qutb deb qabul qilish mumkin, chunki u nuqtaning tezligi poezdning tezligiga teng, u holda ixtiyoriy olingan vaqt uchun qo'yidagi tenglamalar sistemasi yoziladi,

$$x_A = f_1(t), \quad y_A = f_2(t), \quad \varphi = f_3(t) \quad (7.1)$$

(7.1) tenglamalar sistemasi, tekislikka parallel harakatning tenglamasi deyiladi. Ushbu tenglamalardan birinchi va ikkinchisi qutb A nuqtaning harakat qonunini belgilab beradi, uchinchi funktsiya esa jismning qutb atrofidagi aylanma harakatini ifodalaydi. Demak har qanday tekislikka parallel harakat ikkita harakatlarning yigindisidan iborat bo'lar ekan, ulardan biri qutb bilan birgalikdagi ilgarilama harakat, ikkinchisi qutb atrofidagi aylana harakatdan iborat ekan.

2. Qattiq jismning tekislikka parallel harakatidagi nuqtalarining traektoriyalarini aniqlash.

Yuqorida ko'rilgan harakat qonunining tenglamalar sistemasi, butun jism uchun tegishli bo'ladi, endi aniq birorta nuqtaning kinematik parametrlarini tekshirmoqchi bo'lsak, uning traektoriyasini aniqlashdan boshlaymiz.



7.3 shakl.

Qattiq jismda ixtiyoriy D nuqta tanlab olaylik, uning xOu o'qlaridagi koordinatalari qo'yidagicha yoziladi,

$$\begin{aligned}x_D &= x_A + AD \cdot \cos(\varphi + \alpha) \\y_D &= y_A + AD \cdot \sin(\varphi + \alpha)\end{aligned}\quad (7.2)$$

Bu yerdagi x_A , y_A larning qiymatlari (7.1) tenglamalardan olinadi va ular vaqt t - ning funktsiyasi, φ - burchak o'zgaruvchan bo'lib, u ham vaqtning funktsiyasidan iboratdir, α - burchak o'zgarmas bo'ladi, ya'ni $\alpha = \text{const}$.

Demak, (7.1) funktsiya ma'lum bo'lsa qattiq jismning ixtiyoriy olingan nuqtasining harakat qonunini ifodalovchi tenglamani tuzish mumkin ekan. Ular orqali shu nuqtaning istalgan vaqt uchun chiziqli tezligi va chiziqli tezlanishini hisoblab chiqarish mumkin bo'ladi. Endi shunday masalalarni ko'rib chiqaylik.

3.Qattiq jismning tekislikka parallel harakatidagi nuqtalarining tezliklarini aniqlash.

Yuqoridagi (7.1) tenglamaga asosan tekislikka parallel harakatdagi qattiq jismning harakati ikkita harakatlarning yigindisidan iborat ekan, ya'ni qutb bilan birgalikdagi $x_A = f_1(t)$, $y_A = f_2(t)$, tenglamalar bo'yicha ilgarilama harakatdan, va qutbning atrofida $\varphi = f_3(t)$ qonuniyat bilan aylanma harakatlardan iborat ekan.

Shunga ko'ra, har qanday ixtiyoriy olingan V nuqtaning tezligi ham, ikkita tezliklarning vektor yigindisidan iborat bo'ladi, ulardan biri qutbning tezlik vektori, ikkinchisi qutbni qo'zgaltmas deb faaraz qilib, V nuqtani qutb atrofida aylanishidan hosil bo'lgan tezlik vektoridan iboratdir.

Buni tasdiqlash uchun, koordinata markazi O nuqtadan qutb A nuqtaga va tezligi aniqlanayotgan (tezligi noma'lum bo'lgan) V nuqtaga radius vektorlar o'tkazaylik (7.1 shakl), u holda ushbu radius vektorlar orasidagi munosabat qo'yidagicha yoziladi,

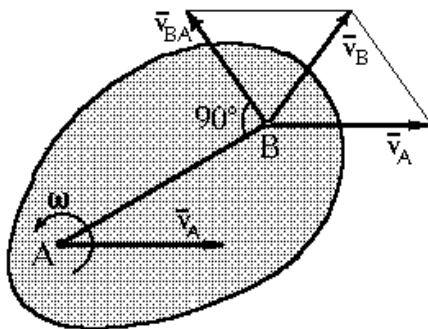
$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + \vec{AB} \quad (7.3)$$

V nuqtaning tezlik vektorini aniqlash uchun, (7.3) vektor tenglamani ikkala tomonidan vaqt bo'yicha bir marta hosila olaylik,

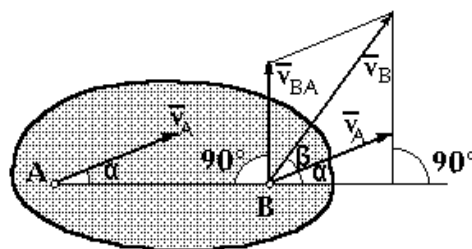
$$\frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt} + \frac{d(\vec{AB})}{dt}, \text{ va } \vec{AB} \neq \text{const} \text{ lekin } \vec{AB} = \text{const} \text{ bo'lgani sababli } \frac{d(\vec{AB})}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{AB}$$

bo'ladi, shuning uchun qo'yidagi vektor tenglama kelib chiqadi,

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AB} \quad \text{ёки} \quad \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \quad (7.4)$$



7.5 shakl.



7.6 shakl.

Ushbu vektor tenglama, yuqoridagi aytilgan qoidaning matematik ifodasi bo'lib, har qanday nuqtaning tezlik vektori ikkita vektor yigindisidan iborat bo'lib, ulardan biri qutbning tezlik vektori, ikkinchisi esa ω - burchakli tezlik bilan V nuqtani jism bilan birgalikda qutb atrofida aylanishidan hosil bo'ladigan tezlik vektorining vektor yigindisidan iborat ekan.

Ikkinchi yigindini qo'yidagicha belgilash qabul qilingan bo'lib, $\vec{v}_{BA} = \vec{\omega} \times \vec{AB}$ va $\vec{v}_{BA} \perp \vec{AB}$ bo'ladi. Masalalar yechganimizda ham $\vec{v}_{BA}$ vektorining modulini qo'yidagicha hisoblanadi, ya'ni $v_{BA} = \omega \cdot AB$. (7.5shakl)

4. Qattiq jismning ikki nuqtasining tezliklarining proektsiyasi **xaqidagi teorema.**

Biz yuqorida ixtiyoriy V nuqtaning tezlik vektorini aniqlash uchun, qutbning tezlik vektori bilan, shu V nuqtani jism bilan birgalikda qutb atrofida ω - burchakli tezlik bilan aylanma harakatidagi chiziqli tezlik vektorlarini vektor usulida qo'shish yo'li bilan aniqlashni ko'rib o'tdik.

Lekin ko'p hollarda qattiq jismning burchakli tezligi ω - noma'lumbo'ladi, lekin V nuqtaning tezligining tasir chizigi berilgan bo'ladi. U holda qo'yidagi teorema orqali V nuqtaning tezlik vektorini modulini aniqlash mumkin (shakl 7.6).

Teorema: Tekislikka parallel harakatdagi qattiq jismning ixtiyoriy ikki nuqtasining tezlik vektorlarini shu ikki nuqtadan o'tuvchi o'qqa proektsiyalari o'zaro teng bo'ladi.

Isbot: Ushbu teoremani isbot qilish uchun (7.4) vektor tenglamani ikkala tomonini A va V nuqtalardan o'tuvchi o'qqa proektsiyalaylik, ya'ni

$$\text{pr}_{AB}(\vec{v}_B) = \text{pr}_{AB}(\vec{v}_A) + \text{pr}_{AB}(\vec{\omega} \times \overline{AB}) \quad \text{lekin} \quad \text{vektorlar algebrasiga asosan}$$

$$\vec{\omega} \times \overline{AB} \perp \overline{AB} \quad \text{boshqani sababli} \quad \text{pr}_{AB}(\vec{\omega} \times \overline{AB}) = 0 \quad \text{boshqadi. Shu sababli,}$$

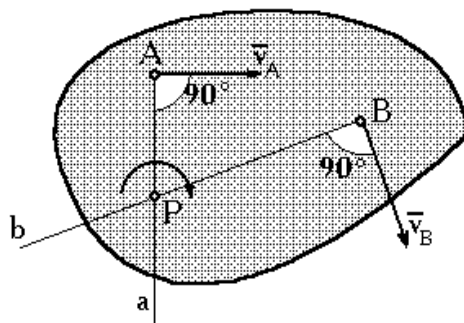
$$\text{pr}_{AB}(\vec{v}_B) = \text{pr}_{AB}(\vec{v}_A) \quad \text{ёки} \quad \vec{v}_B \cdot \cos \beta = \vec{v}_A \cdot \cos \alpha \quad (7.5)$$

Shunday qilib teorema isbotlandi, va shu usul bilan ko'p masalalarda ixtiyoriy nuqtaning tezligini aniqlash mumkin bo'ladi.

5. Qattiq jismning tezliklarini oniy tezliklar markazi **orqali aniqlash.**

Endi agar, shu qattiq jismning burchakli tezligini aniqlash zarur bo'lsa, bunday masalani qo'yidagicha yechiladi.

Tezliklarning oniy markazi deb shunday nuqtaga aytiladiki, bu nuqtaning shu ondagi tezligi nolga teng bo'ladi. Shuning uchun agar shunday nuqtani topolsak, va uni R harfi bilan belgilab, qutb deb qabul qilsak (7.4) vektor tenglama soddalashadi.



7.7 shakl.

Masalan shunday nuqtani aniqladik deylik, va bu nuqta A nuqta bo'lsin, u holda v_A qo'bo'lganligi uchun, (7.4) formula qo'yidagi ko'rinishga keladi, ya'ni

$$\vec{v}_B = \vec{\omega} \times \overline{AB} \quad (7.6)$$

Ushbu tenglamaning ko'rinishi, qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatidagi chiziqli tezlikni aniqlash formulasiga juda o'xshab ketadi, lekin uning farqi shundaki, qisqa ya'ni - dt vaqt o'tishi bilan, A nuqtaning, ya'ni qutbning tezligi o'zgarib, noldan katta bo'ladi, va (7.6) tenglama o'rinsiz bo'lib qoladi.

So'ngra uni o'rnida boshqa birorta nuqtaning tezligi nolga teng bo'ladi, va hokazo. Shuning uchun bu nuqtani oniy aylanish markazi deyiladi, ya'ni shu ondagina markaz bo'lib xizmat qilaoladi xolos.

Endi shu nuqtani qanday aniqlashni ko'rib chiqaylik. Vektorlar algebrasidan malumki $(\vec{\omega} \times \overline{PB}) \perp \overline{PB}$, shuning uchun $\vec{v}_B \perp \overline{PB}$, bo'lgani uchun A nuqta, ya'ni oniy tezliklar markazi V nuqtaning tezlik vektoriga perpendikulyar chiziqli yotishi shart. Faraz qilaylik biz boshqa A nuqtaning tezligini R nuqta (qutb) orqali aniqlamoqchi bo'lsak, (7.6) ga asosan,

$$\vec{v}_A = \vec{\omega} \times \overline{PA} \quad (7.7)$$

A nuqtaning tezlik vektori ham RS chiziqqa perpendikulyar bo'lishi shart, shuning uchun oniy tezliklar markazi, albatta V va A nuqtalarning tezlik vektorlariga o'tkazilgan perpendikulyar chiziqlarning kesishgan nuqtasida yotadi.

Demak, oniy tezliklar markazi, qattiq jismning ixtiyoriy ikki nuqtasining tezliklarini yo'nalishlari ma'lumbo'lishi kerak, so'ngra shu nuqtalardan ularning tezliklarini yo'nalishlariga o'tkazilgan perpendikulyalarning kesishgan nuqtasida joylashgan bo'lar ekan (shakl 7.7).

Amalda bunday nuqtani lotincha - P_v , harfi bilan belgilanadi, sababi R -polyus (rolus - yunoncha *aylanish o'qi* degan manoni anglatadi, o'zbek tilida qutb deb atash qabul qilingan) so'zining bosh harfi, indeksidagi v-harfi tezlikni bildiradi, ya'ni tezliklarning polyusi-qutbi degan manoni anglatadi. Shu sababli biz ham bundan buyon shunday belgilashdan foydalanamiz.

Endi biz shu nuqtani, ya'ni tezliklarning oniy markazini aniqladik, va uni P_v - harfi bilan belgiladik deylik, u holda ixtiyoriy V, S, va D nuqtalarning tezliklari qo'yidagicha aniqlanadi,

$$\vec{v}_B = \vec{\omega} \cdot \overline{BP_v}, \quad \vec{v}_C = \vec{\omega} \cdot \overline{CP_v} \quad \vec{v}_D = \vec{\omega} \cdot \overline{DP_v} \dots\dots\dots (7.8)$$

Ushbu tenglamalardan birortasidagi nuqtaning tezligi ma'lum bo'lsa, masalan V nuqtaning tezligi bizga ma'lum bo'lsa, bu orqali qattiq jismning burchakli tezligini aniqlaymiz, ya'ni

$$\omega = \frac{v_B}{BP_v}, \quad \text{ёки} \quad \omega = \frac{v_C}{CP_v}, \quad \omega = \frac{v_D}{DP_v}, \quad (7.9)$$

Oxirgi tenglamalarning chap tomonlari bir xil bo'lganliklari uchun o'ng tomonlarini ham tenglasak, qo'yidagi proporsiya kelib chiqadi, ular orqali bir nuqtaning tezligi ma'lumbo'lsa boshqa nuqtaning tezligini aniqlash uchun formulalar keltirilib chiqariladi,

$$\omega = \frac{v_B}{BP_v} = \frac{v_C}{CP_v} = \frac{v_D}{DP_v}, \quad (7.10)$$

Bundan keyin qattiq jismning tekislikka parallel harakatida uning nuqtalarining tezliklarini aniqlash bo'yicha turli xil masalalar yechib ko'rsatiladi.

Tekislikka parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlanishlarini aniqlash.

Biz yuqorida tekislikka parallel harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezliklarini aniqlashning barcha usullarini ko'rib chiqdik. Endi shu nuqtalarning tezlanishlarini aniqlashni o'rganamiz. Shuni eslatib o'tish zarurki tezlanishlarni aniqlash injenerlik masalalarni yechishda juda katta ahamiyatga ega xisoblanadi.

Qattiq jism nuqtalarining tezlanishlarini aniqlash uchun (7.4) tenglamadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olamiz, ya'ni

$$\frac{d\vec{v}_B}{dt} = \frac{d\vec{v}_A}{dt} + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \overline{AB} + \vec{\omega} \times \frac{d(\overline{AB})}{dt} \quad (7.11)$$

yoki,

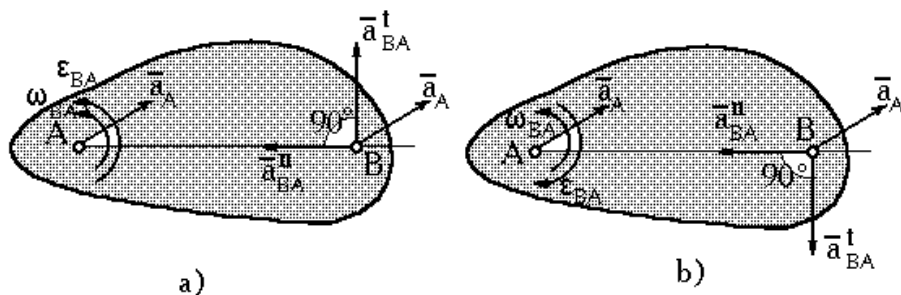
$$\vec{a} = \vec{a}_A + \vec{\varepsilon} \times \overline{AB} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \overline{AB}) \quad (7.12)$$

qo'yidagi belgilashlar kiritamiz, ya'ni $\vec{a}_{BA}^{aйл} = \vec{a}_{BA}^{\tau} = \vec{\varepsilon} \times \overline{AB}$ - V nuqtaning A qutb atrofida aylanma (urinma)tezlanish vektori,

$\vec{a}_{BA}^n = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \overline{AB})$ - V nuqtaning A qutb atrofida normal tezlanish vektori,

bularni (7.9) keltirib qo'ysak, V nuqtaning to'liq tezlanishini aniqlovchi formula kelib chiqadi,

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{aйл} + \vec{a}_{BA}^n \quad (7.13)$$



7.8 shakl.

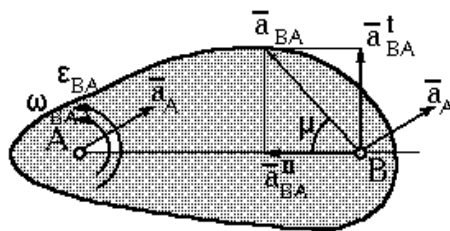
(7.13) formuladan ko'rinib turibdiki, qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining to'liq tezlanish vektori uchta vektorlar yig'indidan iborat bo'lib, ulardan birinchisi (qutb) A nuqtaning tezlanish vektori, ikkinchisi V nuqtaning A qutb atrofida oniy aylanishidan iborat bo'ladigan aylanma tezlanish vektori, uchinchisi V nuqtaning A qutb atrofida oniy aylanishidan iborat bo'ladigan normal tezlanish vektorlaridan iborat bo'lar ekan.

Endi yo'nalishlariga kelsak, normal ya'ni markazga intilma tezlanish vektori - ρ_{BA}^n hardoin V nuqtadan A nuqtaga qarab yo'nalgan bo'ladi, aylanma tezlanish vektori - $\rho_{BA}^{a\text{йл}}$ AV zvenoga tik yo'nalgan bo'lib, harakat tezlanuvchan bo'lsa tezlik vektori bilan bir tomonga, agar sekinlanuvchan bo'lsa unga teskari tomonga yo'nalgan bo'ladi. (7.3 shakl)

Ularning son qiymatlari (modullari) qo'yidagi formulalar orqali aniqlanadi,

$$a_{BA}^n = AB \cdot \omega^2 \quad \text{va} \quad a_{BA}^{a\text{йл}} = AB \cdot \varepsilon \quad (7.14)$$

$$a_{BA} = \sqrt{(a_{BA}^n)^2 + (a_{BA}^{a\text{йл}})^2} \quad \text{ёки} \quad a_{BA} = AB \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad (7.15)$$



7.9 shakl.

Tekislikka parallel harakatdagi qattiq jismning V nuqtasini A qutb atrofida aylanishidan oladigan tezlanish vektori - ρ_{BA}^V V nuqtaga qo'yilib, VA chiziq bilan μ - burchakni tashkil etadi (shakl 7.4), va ushbu burchak qo'yidagi formula orqali aniqlanadi,

$$\text{tg} \mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2} \quad \text{бундан} \quad \mu = \arctg \frac{|\varepsilon|}{\omega^2} \quad (7.16)$$

Xulosa: Shunday qilib tekislikka parallel harakatdagi qattiq jismning ixtiyoriy V nuqtasining tezlanishi, ikkita tezlanishlarning vektor yigindilaridan iborat bo'lib, ulardan biri qutb nuqtaning tezlanishidan iborat, ikkinchisi esa V nuqtani qutb nuqta atrofida aylanishidan xosil bo'ladigan tezlanish vektorining geometrik yigindisidan iborat ekan, ya'ni

$$\rho_B = \rho_A + \rho_{BA} \quad \text{бу ерда} \quad \rho_{BA} = \rho_{BA}^n + \rho_{BA}^t$$

Oniy tezlanishlar markazi.

Agarda qattiq jismning bir necha nuqtalarining tezlanishini aniqlanishi kerak bo'lsa, bunday masalani yechish uchun, yana yuqoridagi kabi vektor tenglamalar tuzish lozim. Lekin agar biz tezlanishlarning oniy markazini aniqlasak, bunday masalalar osongina yechiladi. Shu sababli endi oniy tezlanishlar markazini qanday aniqlashni ko'rib chiqaylik.

Tezlanishlarning oniy markazini aniqladik deb faraz qilaylik, va u nuqtani lotincha Q - harfi bilan belgilaylik, u holda shu nuqtani qutb deb tanlab olib, A nuqtaning va V nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun qo'yidagi (7.7) vektor tenglama tuzish kerak bo'lar edi, ya'ni

$$\rho_A = \rho_Q + \rho_{AQ}^{a_{йл}} + \rho_{AQ}^n \quad (7.17)$$

$$\rho_B = \rho_Q + \rho_{BQ}^{a_{йл}} + \rho_{BQ}^n \quad (7.18)$$

lekin Q - nuqta oniy tezlanishlar markazi bo'lgani uchun, bu nuqtaning oniy tezlanishi nolga teng, ya'ni $\rho_Q = 0$ bo'ladi, shu sababli, (7.15) va (7.16) vektor tenglamalar qo'yidagi ko'rinishga keladi,

$$\rho_A = \rho_{AQ}^{a_{йл}} + \rho_{AQ}^n \quad (7.19)$$

$$\rho_B = \rho_{BQ}^{a_{йл}} + \rho_{BQ}^n \quad (7.20)$$

Agar qutbning tezlanishi nolga teng bo'lsa, A nuqtaning tezlanishining moduli qo'yidagi formula bilan aniqlanadi, ya'ni

$$a_A = AQ\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad (7.21)$$

A nuqtaning tezlanishi malum, va burchakli tezlikni va burchakli tezlanishni (13.9) formula orqali tezliklar plani yordamida aniqlanadi. Burchakli tezlanishni qo'yidagi formula orqali aniqlash mumkin, ya'ni

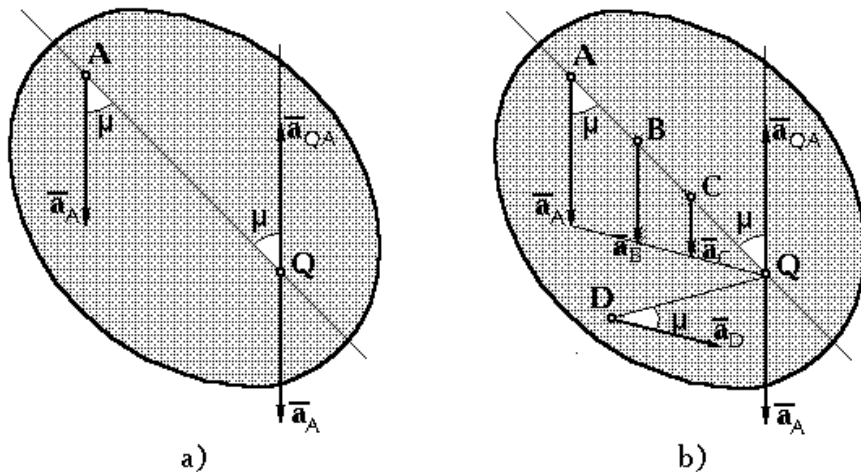
$$\varepsilon = \frac{a_{BA}^{a_{йл}}}{AB} = \frac{a_{BA}^{\tau}}{AB} \quad (7.22)$$

$a_{AB}^{a_{йл}}$ q a_{AB}^{τ} - tezlanishning moduli tezlanishlar planidan o'lchab masshtabga ko'paytirilib aniqlanadi. AV kesmaning uzunligini chizmadan o'lchanadi. Shunday qilib (7.19) formula orqali Aq - ni aniqlaymiz,

$$AQ = \frac{a_A}{\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}} \quad (7.23)$$

Ushbu formula orqali oniy tezlanishlar markazi Q - nuqta A nuqtadan qancha masofada joylashganligini aniqladik, lekin Aq - chiziqli bilan ρ_A -vektori o'rtasidagi burchak

$\mu = \arctg \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$ - dan iborat bo'ladi. Shuning uchun shu μ - burchak ostida AE chiziqlini o'tkazamiz, va bu chiziqlida Aq - masofani o'lchab, oniy tezlanishlar markazini aniqlaymiz (7.6a shakl).



7.10 shakl.

Oniy tezlanishlar markazi ma'lum bo'lsa, istalgan nuqtaning tezlanishini topish juda oson bo'ladi. Masalan, ixtiyoriy V, S va D- nuqtalarning tezlanishlarini aniqlash so'ralsin (7.10b shakl), u holda shu V, S va D- nuqtalarni Q - nuqta bilan birlashtiramiz, ushbu nuqtalarning tezlanish vektorlarining modullarini qo'yidagi formulalar

$$a_B = BQ\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad a_C = CQ\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad \text{va} \quad a_D = DQ\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} \quad (7.24)$$

orqali aniqlab, har birini tegishli B_q , C_q va D_q kesmalarga nisbatan μ - burchak ostida $\vec{a}_B$, $\vec{a}_C$ va $\vec{a}_D$ - vektorlar chizamiz,

Demak har qanday nuqtaning tezlanishini, oniy tezlanishlar markazi orqali aniqlash juda oson ekan. Bu yerda shuni eslatib o'tish lozimki, agar jism tezlanuvchan harakatda bo'lsa, ya'ni $\varepsilon > 0$ bo'lsa μ - burchakni jismning aylanishi tomonga qarab olinadi, agar sekinlanuvchan harakatda bo'lsa, ya'ni $\varepsilon < 0$ bo'lsa μ - burchakni jismning aylanishiga teskari tomonga qarab olinadi. **Savollar:**

- 1) Tekislikka parallel harakat deb qanday harakatga aytiladi?
- 2) Tekislikka parallel harakatni nechta oddiy harakatga ajratish mumkin?
- 3) Tekislikka parallel harakatdagi jismning burchakli tezlik vektori qutbni qanday tanlanishiga bog'liq bo'ladimi?
- 4) Tekislikka parallel harakatdagi qattiq jismning harakat qonunini yozib bering?
- 5) Tekislikka parallel harakatdagi jism nuqtalarining harakat qonunlarini yozib bering?
- 6) Tekislikka parallel harakatdagi jism nuqtalarining tezliklarini aniqlovchi vektor tenglamani yozib bering?
- 7) Qutb nima va u qanday tanlab olinadi?
- 8) Tekislikka parallel harakatdagi jism nuqtalarining tezliklarini proektsiyasi xaqidagi teoremani aytib bering?
- 9) Oniy tezliklar markazi nima va u nuqta qanday aniqlanadi?
- 10) Tekislikka parallel harakatdagi jismning burchakli tezligi qanday aniqlanadi?

”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 8: Qattiq jismning eng sodda harakatlari.

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejasi:</i>	Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining harakat izlari, tezliklari va tezlanishlari haqida teorema. Qattiq jismning qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakati. Aylanma harakat tenglamasi. Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi hamda ularni vektor tarzida tasvirlash. Qo’zg’almas o’q atrofida aylanuvchi jism nuqtasining urinma va normal tezlanishlarini vektor ko’paytma orqali ifodalash
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda qattiq jismning ilgarilanma harakati tadbirini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Tezliklar va tezlanishlar haqidagi teoremasi - Jismning burchak tezligi va tezlanishi ularni vektor tarzida tasvirlash masalasi - Qo’zg’almas o’q atrofida aylanuvchi jism nuqtasini amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Qattiq jismning soda harakati, qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakati olgan tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, laboratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, laboratoriya o’tkazish</i>

8-Mavzu. Nuqtaning murakkab harakati

Mavzuning rejasi

1. Nisbiy, ko'chirma va absolyut harakat.
2. Nuqtaning murakkab harakatida tezliklarini aniqlash.
3. Nuqtaning murakkab harakatida uning tezlanishlarini aniqlash.
4. Koriolis tezlanishi

Mavzuning maqsadi. Ushbu maruzada, nuqtaning bir vaqtni o'zida ikki va undan ortiq harakatlarida birvarakayida ishtirok etganida, uning tezlik va tezlanishlarini qanday aniqlashni o'rganamiz.

Tayanch so'z va iboralar: Nuqtaning murakkab harakati, nisbiy, ko'chirma va absolyut harakat, nuqtaning murakkab harakatida tezliklarni qo'shish, ko'chirma ilgarilama harakat, ko'chirma aylanma harakat, lokal hosila, to'liq hosila, qo'zgaluvchan koordinatalarning birlik ortlaridan olingan hosila, Eylar formulasi, tezlanishlarni qo'shish, Koriolis tezlanishi.

Bayoni. Biz hozirgi ma'uzagacha har qanday harakatni qo'zgalmas koordinata o'qlariga nisbatan sodir bo'lishini va uning qonuniyatlarini ko'rib o'tgan edik, bunday harakatlar oddiy harakatlar turiga kiradi. Endi agarda nuqta ixtiyoriy erkin yoki boglanishli harakatda bo'lgan boshqa birorta qattiq jismning ustida yoki ichida harakatlanayotgan bo'lgan xolatni, ya'ni ham o'zi harakatlansin, hamda uni boshqa jism o'zi bilan birga olib yurgan xolatdagi harakatini ko'rib o'tamiz.

Masalan, uchib ketayotgan samolyotning ichidagi styuardessaning harakati, harakatlanayotgan poezdning, dengizda suzayotgan kemaning yoki harakatdagi avtobusning ichidagi odamning harakati, murakkab harakatga misol bo'laoladi, chunki shu odam bir vaqtni o'zida ikkita harakatda ishtirok etmoqda.

1. Nisbiy, ko'chirma va absolyut harakat.

Bunday murakkab harakatlar, texnikada juda ko'p uchraydi, ayniqsa zamonaviy robotlarning harakatida bunday masalalarni ko'plab yechishgato'g'rikeladi. Umuman olganda murakkab harakatlarning kinematikasi nazariy mexanika fanining asosiy vazifalaridan xisoblanadi.

Faraz qilaylik daryoda suzib ketayotgan kemani ustida birorta shar dumalab ketayotgan bo'lsin. U holda uning harakati murakkab harakat turlariga kiradi, sababi shuki, u kema bilan birgalikda ko'chirma harakat qilmoqda va kemaga nisbatan nisbiy harakatda ishtirok etmoqda. Agar shu shar kemaga nisbatan qimirlamay tursa, u faqat ko'chirma harakatda ishtirok etadi xolos, ya'ni u oddiy harakatda bo'ladi xolos.

Nazariy mexanika fanida, kema, samolyot, avtobus, poezd degan tushunchalardan faqat masalalar yechilgandagina foydalaniladi. Nazariya'ni o'rganganishda faqat qo'zgaluvchi yoki qo'zgalmas koordinatalar sistemasini degen tushunchalardan foydalaniladi xolos. Masalan, harakatlanayotgan kema, samolyot, poezdlarga maxkamlangan koordinata o'qlari qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasini deb ataladi. yerga maxkamlangan koordinatalar sistemasini qo'zgalmas koordinatalar sistemasini deb ataladi.

Shunga ko'ra nuqtaning qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasiga nisbatan qilgan harakatini *nisbiy harakat* deyiladi, nuqtaning qo'zgaluvchi sistemadan oladigan harakatiga *ko'chirma harakat* deyiladi, nuqtaning qo'zgalmas koordinatalar sistemasiga nisbatan qilgan harakatini *absolyut harakat* deb ataladi.

17.1 shaklda ixtiyoriy M nuqtaning murakkab harakati tasvirlangan bo'lib, uning qo'zgaluvchan Oxuz koordinata o'qlariga nisbatan qilgan harakati *nisbiy harakat* deb ataladi. Uning qo'zgalmas $O_1x_1u_1z_1$ koordinata o'qlariga nisbatan qilgan harakati *absolyut harakat*

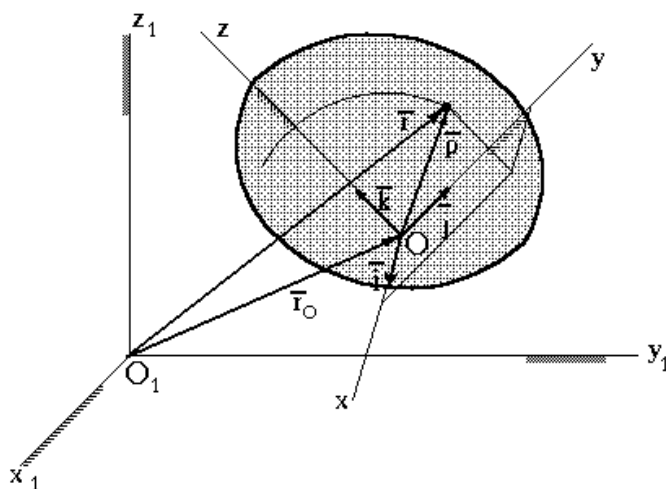
deyiladi. Nuqtaning qo'zgaluvchi Oxuz koordinatalarning qiladigan harakatidan oladigan harakati *ko'chirma harakat* deyiladi.

Xuddi shu kabi, nuqtaning qo'zgaluvchan Oxuz koordinata o'qlaridagi tezligi *nisbiy tezlik* deb ataladi. Uning qo'zgalmas $O_1x_1y_1z_1$ koordinata o'qlariga nisbatan qilgan harakatidan oladigan tezligi *absolyut tezlik* deyiladi. Nuqtaning qo'zgaluvchi Oxuz koordinatalarning qilgan harakatidan oladigan tezligi *ko'chirma tezlik* deyiladi.

Murakkab harakatdagi tezliklar turlicha bo'lganligini etiborga olib, nazariy mexanika fanida ularni qo'yidagicha belgilash qabul qilingan: *ko'chirma tezlik* - v_e , *nisbiy tezlik* - v_r , *absolyut tezlik* - v , yoki - v_a , belgilari bilan belgilanadi.

Shunga ko'ra murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezlik vektori nisbiy va ko'chirma tezlik vektorlarining vektor yig'indilaridan iborat bo'lar ekan, ya'ni

$$\vec{v} = \vec{v}_e + \vec{v}_r \quad \text{ёки} \quad \vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r \quad (8.1)$$



8.1 shakl.

Nuqtaning absolyut harakatini aniqlash uchun, unga qo'zgalmas va qo'zgaluvchan koordinata o'qlarining boshlaridan radius vektorlar o'tkazib (8.1 shakl), qo'yidagi vektor tenglamani xosil qilamiz,

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{\rho} \quad (8.2)$$

bu yerdagi r_0 va r vektorlari qo'yidagicha ifodalanadilar,

$$\vec{r}_0 = x_0 \cdot \vec{i}_1 + y_0 \cdot \vec{j}_1 + z_0 \cdot \vec{k}_1 \quad (8.3)$$

$$\vec{\rho} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k} \quad (8.4)$$

Nuqtaning absolyut tezligini aniqlash uchun, (8.2) vektor tenglamadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olamiz,

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}_0}{dt} + \frac{d\vec{\rho}}{dt} \quad (8.5)$$

8.5 vektor tenglamadagi har bir hosilani qanday olinishi xaqida ozgina to'xtalib o'tamiz, chunki qo'zgalmas koordinatalarning birlik ortlaridan, olingan hosila nolga teng chunki ular o'zgarmas qiymatlardir, ya'ni

$$\rho_{i_1} = \text{const}, \Rightarrow \frac{d\vec{i}_1}{dt} = 0, \quad \rho_{j_1} = \text{const} \Rightarrow \frac{d\vec{j}_1}{dt} = 0, \quad \rho_{k_1} = \text{const} \Rightarrow \frac{d\vec{k}_1}{dt} = 0, \quad (8.6)$$

Agarda qo'zgaluvchi koordinatalar sistemasi, faqat ilgari lama harakat qilsa, u holda uning ham birlik koordinata ortlari o'zgarmas qiymat bo'lib, ularning hosilalari ham nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\rho_i = \text{const} \Rightarrow \frac{d^V i}{dt} = 0, \quad \rho_j = \text{const} \Rightarrow \frac{d^V j}{dt} = 0, \quad \rho_k = \text{const} \Rightarrow \frac{d^V k}{dt} = 0,$$

lekin, agarda qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi aylanma harakatda ham ishtirok etsa, uning birlik ortlari o'zgaruvchan qiymatlardan iborat bo'lib, ulardan vaqt bo'yicha olingan hosila qo'yidagi *Eyler formulalari* orqali yoziladi,

$$\rho_i \neq \text{const} \Rightarrow \frac{d^V i}{dt} = \omega \times \rho_i, \quad \rho_j \neq \text{const} \Rightarrow \frac{d^V j}{dt} = \omega \times \rho_j, \quad \rho_k \neq \text{const} \Rightarrow \frac{d^V k}{dt} = \omega \times \rho_k \quad (8.7)$$

bu yerda ω - qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasining aylanma harakatidagi burchakli tezligi, u holda (8.4) vektor tenglamadan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila qo'yidagicha bo'ladi,

$$\frac{d^V \rho}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \rho_i + \frac{dy}{dt} \cdot \rho_j + \frac{dz}{dt} \cdot \rho_k + x \cdot \frac{d^V i}{dt} + y \cdot \frac{d^V j}{dt} + z \cdot \frac{d^V k}{dt} \quad (8.8)$$

(8.7) formulani etiborga olsak,

$$\frac{d^V \rho}{dt} = \omega \times \rho_i + \omega \times \rho_j + \omega \times \rho_k + x \cdot (\omega \times \rho_i) + y \cdot (\omega \times \rho_j) + z \cdot (\omega \times \rho_k) \quad (8.9)$$

nazariy mexanika fanida *lokal hosila* (yoki *nisbiy hosila*) degan tushuncha kiritilib, unday hosilani ustiga to'liqsimon belgi qo'yiladi. 8.9 tenglamaning chap tarafidagi yig'indilarni qo'yidagicha belgilaymiz,

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{d}^V \rho}{dt} &= \omega \times \rho_i + \omega \times \rho_j + \omega \times \rho_k \\ x \cdot (\omega \times \rho_i) + y \cdot (\omega \times \rho_j) + z \cdot (\omega \times \rho_k) &= \omega \times (x \cdot \rho_i + y \cdot \rho_j + z \cdot \rho_k) = \omega \times \rho \end{aligned}$$

bularni e'tiborga olgan holda (8.9) vektor tenglama qo'yidagicha yoziladi,

$$\frac{d^V \rho}{dt} = \frac{\tilde{d}^V \rho}{dt} + \omega \times \rho \Rightarrow \frac{d^V \rho}{dt} = v_r + \omega \times \rho \quad (8.10)$$

Yuqorida takidlaganimizdek, agar qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi, ilgarilama harakat qilsa, ko'chirma burchakli tezlik nolga teng bo'ladi, ya'ni $\omega = 0$, va shu sababli (8.10) tenglamaning ikkinchi yigindisi nolga teng bo'ladi,

$$\frac{d^V \rho}{dt} = \frac{\tilde{d}^V \rho}{dt} = v_r \quad (8.11)$$

Demak, qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi ilgarilama harakat qilsa, *lokal hosila to'liq hosilaga* teng bo'lar ekan.

Shunday qilib nuqtaning murakkab harakatini ikki xilga ajratib olish lozim ekan, ulardan birinchisida qo'zgaluvchi koordinatalar sistemasi qutb bilan birga faqat ilgarilama harakat qiladi ($\omega = 0$, $v_A qf(t)$), ikkinchisida esa qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi ham ilgarilama, ham aylanma yoki faqat aylanma harakat qiladi ($\omega q f_1(t)$, $v_A q f_2(t)$).

2. Nuqtaning murakkab harakatida tezliklarini aniqlash.

Nuqtaning murakkab harakatidagi absolyut tezligini aniqlash uchun, 8.2 vektor tenglamadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olib, 8.5 tenglikni xosil qilamiz. Shundan so'ng:

-agar qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi qutb bilan birgalikda faqat ilgarilama harakat qilsa, nuqtaning absolyut tezligi qo'yidagicha hisoblanadi, ya'ni

$$v = v_o + v_r \quad (8.12)$$

bu holda ko'chirma tezlik faqat qutbning tezlik vektoridan iborat bo'ladi,

$$\vec{v} = \vec{v}_e + \vec{v}_r = \vec{v}_o + \vec{v}_r \Rightarrow \vec{v}_e = \vec{v}_o$$

-agar qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi qutb bilan birgalikda ham ilgarilama, ham aylanma harakat qilsa, nuqtaning absolyut tezligi qo'yidagicha hisoblanadi, ya'ni

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{v}_r + \vec{\omega} \times \vec{\rho} \quad (8.13)$$

bu holda ko'chirma tezlik ikkita vektor yig'indidan iborat bo'ladi,

$$\vec{v} = \vec{v}_e + \vec{v}_r = \vec{v}_o + \vec{v}_r + \vec{\omega} \times \vec{\rho} \Rightarrow \vec{v}_e = \vec{v}_o + \vec{\omega} \times \vec{\rho}$$

Nuqtaning murakkab harakatida uning tezlanishlarini aniqlash.

a) *Ko'chirma harakat faqat ilgarilama harakat bo'lganda, nuqtaning absolyut tezlanishini aniqlash.*

Agar qo'zgaluvchan koordinatalar qutb bilan birgalikda faqat ilgarilama harakat qilsa, ya'ni ko'chirma harakat faqat ilgarilama harakatdan iborat bo'lsa, nuqtaning absolyut tezlanishini aniqlash uchun 8.12 vektor tenglamadan vaqt bo'yicha yana bir marta hosila olamiz, ya'ni

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}_o}{dt} + \frac{d\vec{v}_r}{dt} \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}_o + \vec{a}_r \quad \text{lekin} \quad \vec{a}_e = \vec{a}_o \quad (8.14)$$

Demak, nuqtaning murakkab harakatida, uning ko'chirma harakati faqat ilgarilama harakatdan iborat bo'lsa, uning absolyut tezlanishi ikkita vektor qiymatlardan iborat bo'lib, birinchisi qutb bilan birgalikdagi ko'chirma tezlanish vektori, ikkinchisi nisbiy tezlanish vektorlaridan iborat bo'lar ekan.

b) *Ko'chirma harakat ham ilgarilama, ham aylanma harakatlardan iborat bo'lganda, nuqtaning absolyut tezlanishini aniqlash.*

Agar qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi qutb bilan birgalikda ham ilgarilama, ham aylanma harakat qilsa, ya'ni ko'chirma harakat ham ilgarilama, ham aylanma harakatlardan iborat bo'lsa, nuqtaning absolyut tezlanishini aniqlash uchun 8.13 vektor tenglamadan vaqt bo'yicha yana bir marta hosila olamiz, ya'ni

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}_o}{dt} + \frac{d\vec{v}_r}{dt} + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{\rho} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{\rho}}{dt}$$

8.11 formulaga asosan, yuqoridagi formula qo'yidagi ko'rinishga keladi,

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}_o}{dt} + \frac{d\vec{v}_r}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{v}_r + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{\rho} + \vec{\omega} \times \left(\frac{d\vec{\rho}}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{\rho} \right)$$

yoki

$$\vec{a} = \vec{a}_o + \vec{a}_r + \vec{\omega} \times \vec{v}_r + \vec{\varepsilon} \times \vec{\rho} + \vec{\omega} \times (\vec{v}_r + \vec{\omega} \times \vec{\rho}) \quad (8.15)$$

ko'chirma tezlanishni aniqlash uchun, nisbiy harakatlarni to'xtatamiz, ya'ni $v_r = 0$ va $a_r = 0$ bo'lsin, u holda

$$\vec{a}_e = \vec{a}_o + \vec{\varepsilon} \times \vec{\rho} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{\rho}) \quad (8.16)$$

8.16 ni 8.15 ga qo'ssak,

$$\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + 2(\vec{\omega} \times \vec{v}_r) \quad (8.17)$$

8.17 nchi tenglamani 8.14 tenglama bilan solishtirib, qo'shimcha $2(\vec{\omega} \times \vec{v}_r)$ ga teng bo'lgan qiymat paydo bo'lganini aniqlaymiz, bu qo'shimcha tezlanish qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasining aylanma harakatidan paydo bo'lar ekan.

4. Koriolis tezlanishi

Ushbu qo'shimcha qiymatni *Koriolis tezlanishi*, yoki qo'shimcha tezlanish deb ataladi, agarda qo'zgaluvchan koordinatalar sistemasi faqat ilgarilama harakat qilsa, ya'ni

ω_0 bo'lsa 8.8 va 8.14 tenglamalar bir xil ko'rinishga keladi. 8.8 tenglamaning ko'rinishi esa qo'yidagi holga keladi,

$$\boxed{} \quad (8.18)$$

Demak, *nuqtaning murakkab harakatida, uning ko'chirma harakati ham ilgarilama, ham aylanma harakatlardan iborat bo'lsa, uning absolyut tezlanishi uchta vektor qiymatlardan iborat bo'lib, birinchisi, ko'chirma tezlanish vektori, ikkinchisi nisbiy tezlanish vektori, uchinchi qo'shimcha yoki Koriolis tezlanishidan iborat bo'lar ekan. Ushbu qoidani nazariy mexanikada Koriolis teoremasi deb yuritiladi.*

Endi qaysi hollarda Koriolis tezlanishi nolga teng bo'lish xollarini ko'rib chiqaylik:

- 1) Yuqorida takidlaganimizdek ko'chirma harakat ilgarilama harakat bo'lganda, Koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi, chunki ko'chirma harakatning burchakli tezligi ω_0 nolga teng bo'ladi, va

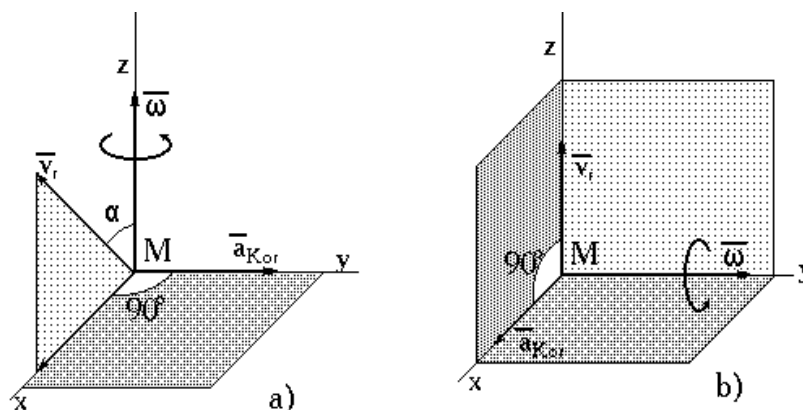
$$\vec{a}_{Kor}^p = 2(\vec{\omega} \times \vec{v}_r) = 2(0 \times \vec{v}_r) = 0$$

- 2) Nisbiy harakat yo'q bo'lganda, u holda $v_r = 0$ bo'ladi, va

$$\vec{a}_{Kor}^p = 2(\vec{\omega} \times \vec{v}_r) = 2(\vec{\omega} \times 0) = 0$$

- 3) Nisbiy tezlik vektori bilan, ko'chirma harakatdagi burchakli tezlik vektori o'zaro parallel yo'nalishganda, ya'ni ular orasidagi burchak $\alpha = 0^\circ$ yoki $\alpha = 180^\circ$ bo'lganda. Sababi shuki, vektorlar algebrasi qoidasiga ko'ra,

$$|\vec{a}_{Kor}^p| = |2(\vec{\omega} \times \vec{v}_r)| = 2 \cdot \omega \cdot v_r \cdot \sin(\angle \vec{\omega}, \vec{v}_r) = 2 \cdot \omega \cdot v_r \cdot \sin(0^\circ) = 2 \cdot \omega \cdot v_r \cdot \sin(180^\circ) = 0$$



17.4 shakl.

8.4 shaklda Koriolis tezlanish vektorining yo'nalishi tasvirlangan. Shakldan ko'rinish turgandek, Koriolis tezlanish vektori - $\vec{a}_{Kor}$ ning yo'nalishi burchakli tezlik o'vpektori - $\vec{\omega}$ bilan, nisbiy tezlik vektori - $\vec{v}_r$ yotgan tekislikka perpendikulyar bo'lib, uning uchidan qaraganda, $\vec{\omega}$ vektorini soat strelkasiga teskari yo'nalishda 180 gradusdan kichkina bo'lgan burchakka burganimizda, nisbiy tezlik vektori bilan ustma-ust tushadi.

Masala. Dengiz kemasi CBN meridian bo'ylab, janubdan shimolga qarab suzib kelmoqda. Kemaning nisbiy tezligi 36 kmG'c. Kema suzayotgan joyning geografik kengligi $\varphi = 60^\circ$ va yerning radiusi $R = 64 \cdot 10^5$ m., bo'lsa yerning o'z o'qi atrofida aylanishini etiborga olib kemaning absolyut tezligi va absolyut tezlanishi aniqlansin.

Echish. Kema bir vaqtni o'zida ikkita harakatda ishtirok etmoqda. Birinchidan yerning o'qi ON atrofida aylanma harakatda, ikkinchidan CBN meridian bo'ylab nisbiy harakatda ishtirok etmoqda. Shu sababli kemaning absolyut tezligi, 8.1 formulaga asosan ko'chirma va nisbiy tezlik vektorlarining yig'indisidan iborat bo'ladi,

$$\boxed{} \quad (a3)$$

Ko'chirma tezlik, yerning aylanishidan iborat bo'lib, V nuqta uchun qo'yidagicha aniqlanadi,

$$v_e = AB \cdot \omega_e = R \cdot \cos 60^\circ \cdot \omega_e \quad (b3)$$

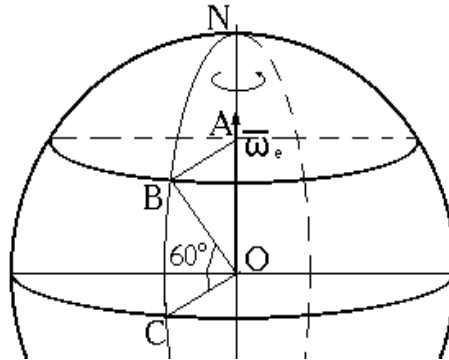
bu yerda ω_e - yerning burchakli tezligi. yer o'z o'qi atrofida 24 soatda bir marta aylansa, uni radian sekundlarda ifodalash uchun, qo'yidagicha yozib olamiz,

$$\omega_e = \frac{2\pi}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ c}^{-1}, \quad (\text{s3})$$

ushbu qiymatni (b3) ga qo'ysak,

$$v_e = AB \cdot \omega_e = R \cdot \cos 60^\circ \cdot \omega_e = 64 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot 7,27 \cdot 10^{-5} = 232,64 \text{ m / c}. \quad (\text{d3})$$

Bu ko'chirma tezlikning yo'nalishi, V nuqtadan o'tkazilgan parallelga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi.



8.5 shakl.

Nisbiy tezlik v_r 36kmG'soatq10mG'c., bo'lib u CN meridianning V nuqtasiga urinma bo'ylab yo'nalgan. Shunga ko'ra kemaning absolyut tezligi,

$$v = \sqrt{v_e^2 + v_r^2} = \sqrt{(232,64)^2 + 10^2} = 232,87 \text{ m / c}. \quad (\text{e3})$$

Endi kemaning absolyut tezlanishini aniqlaymiz. Kema murakkab harakatda ishtirok etmoqda, va ko'chirma harakat aylanma harakat bo'lganligi uchun, Koriolis teoremasiga asosan absolyut tezlanish vektori 8.18 formula orqali aniqlanadi,

$$\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_{\text{Kor}} \quad (\text{g3})$$

Ushbu formuladagi ko'chirma tezlanish vektori, yerning aylanishidan oladigan tezlanishidan iborat bo'ladi. Kema yerning o'qi atrofida u bilan birga aylanma harakatda ishtirok etmoqda, shuning uchun aslida ikkita tezlanish bo'lishi kerak edi, ya'ni

$$\vec{a}_e = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau$$

lekin ko'chirma tezlik, o'zgarmas bo'lganligi uchun, ya'ni $v_e = \text{const}$ bo'lganligi sababli,

$$a_e^\tau = \frac{dv_e}{dt} = 0$$

shu sababli, kemaning ko'chirma tezlanishi faqat normal tezlanishdan iborat bo'ladi,

$$a_e = AB \cdot \omega_e^2 = R \cos 60^\circ \cdot \omega_e^2 = 64 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot (7,27 \cdot 10^{-5})^2 = 0,017 \text{ m / c}^2 \quad (\text{h})$$

va ushbu vektor V nuqtadan A nuqtaga tomonga yo'naladi. Nisbiy harakat ham aylana bo'ylab sodir bo'layotganligi va nisbiy tezlik ham o'zgarmas bo'lganligi sababli, nisbiy urinma tezlanish nolga teng bo'lib, faqat nisbiy normal tezlanish paydo bo'ladi,

$$a_r = a_r^n = \frac{v_r^2}{R} = \frac{10^2}{64 \cdot 10^5} = 1,56 \cdot 10^{-5} \text{ m / c}^2$$

lekin ushbu tezlanish vektorining yo'nalishi V nuqtadan yerning markazi O nuqtaga tomon yo'nalgan bo'ladi.

Endi uchinchi yigindi, ya'ni Koriolis tezlanishini aniqlaymiz, 8.18 formulaga asosan,

$$\vec{a}_{\text{Kor}} = 2(\vec{\omega} \times \vec{v}_r)$$

uning moduli,

$$a_{\text{Kor}} = 2 \cdot \omega_e \cdot v_r \cdot \sin(\angle \vec{\omega}, \vec{v}_r) = 2 \cdot (7,27 \cdot 10^{-5}) \cdot 10 \cdot \sin 60^\circ = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ m / c}^2$$

8.4 shaklda ko'rsatilgan qoidaga asosan, Koriolis tezlanish vektori 60° shimoliy kenglikdagi parallelga urinma holdasharqdan garbga tomon yo'naladi.

Savollar:

- 1) Murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezlik vektori qanday aniqlanadi?
- 2) Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy tezlik vektori qanday aniqlanadi?
- 3) Murakkab harakatda ko'chirma tezlik vektori qanday belgilanadi?
- 4) Murakkab harakatda lokal hosila qachon paydo bo'ladi, qanday aniqlanadi?
- 5) Murakkab harakatdagi nuqtaning nisbiy tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
- 6) Murakkab harakatdagi nuqtaning ko'chirma tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
- 7) Murakkab harakatdagi nuqtaning Koriolis tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
- 8) Murakkab harakatdagi nuqtaning absolyut tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
- 9) Koriolis tezlanishining moduli va yo'nalishi qanday aniqlanadi?
- 10) Qaysi hollarda Koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi?
- 11) Koriolis tezlanishiga misollar keltiring?

**”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim
texnologiyasi modeli.**

Mavzu 9: Qattiq jismning tekis parallel harakati.

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejasi:</i>	Qattiq jismning tekislikka parallel harakati. Tekis parallel harakat tenglamalari. Qattiq jismning tekislikka parallel harakatidagi nuqtalarning troektoriyasini va tezliklarini aniqlash. Qattiq jismning ikki nuqtasining tezliklarining proektsiyasi xakidagi teorema va tezliklarni oniy tezliklar markazi orkali aniqlash. Tekislikka parallel harakatdagi shakl nuqtasining tezlanishini aniqlash
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda qattiq jismning tekislikka parallel harakati tadbqiqini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Qattiq jismning tekis parallel harakatini tushunchasini berish - Tekislikka parallel harakatini tezlanishi masalasi - Tezliklar oniy markaziga oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Qattiq jismning ikki nuqtasining tezliklarining proektsiyasi xaqidagi teorema va tezliklar oniy markazi orqali ifodalash olgan tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, lo’baratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, lo’baratoriya o’tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar

9 - Ma'ruza

9-Mavzu: Dinamikaning asosiy tushunchalari, qonunlari. masalasi va moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.

Reja:

1. Asosiy tushunchalar va ifodalar.
2. Dinamika qonunlari. Moddiy nuqta dinamikasining asosiy masalalari.
3. O'lchov birliklari.
4. Kuchlarning asosiy ko'rinishlari.
5. Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.
6. Dinamikaning birinchi masalasi.

Muammo: Qadim zamonlardan beri harakat qilayotgan moddiy nuqta yoki jism o'z harakatini qanday sabablarga ko'ra o'zgartira olishi va uning matematik ifodasi bormi yoki yo'qmi degan savol ustida necha-necha olimlar bosh qotirganlar. Lekin bu savolga Italiya olimi G. Galiley (1564-1642) va Ingliz olimi I.Nyuton(1642-1727)largacha hech kim **aniq javob** bera olmaganlar

Xaqiqatan ham, birorta jismni yuqoriga uloqtirib yuborsangiz, ma'lum traektoriya orqali harakatlanib, yana yerga qaytib tushadi. Sababi nimada? Nima uchun osmonga qarab cheksiz ko'tarilib keta olmaydi?

Quyida shu haqdagi fikrlarning yechimi, ilmiy tilda aytganimizda **dinamikaning** asosiy qonunlari keltiriladi.

Tayanch iboralar: *Dinamika, moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi, absolyut qattiq jism, mexanik tahsir, kuch, qzgarmas va qzgaruvchi kuchlar, massa, inertsiya massa, inertsiya qonuni, dinamikaning asosiy qonuni, tahsir va aks tahsir qonuni, kuchlar ta'sirining mustaqillik qonuni*

9.1 Asosiy tushunchalar va ifodalar.

Kuchlar ta'sirida bo'lgan jismlarning harakatini o'rganuvchi qism **dinamika** deb ataladi.

Kinematika qismida jismlarning harakatlariga faqat geometrik nuqtai nazardangina qaralgan edi. Dinamika qismining kinematikadan farqi shundaki, jismlarning harakatlarini o'rganishda, ularga ta'sir etayotgan kuchlar sistemasidan tashqari jismlarning inertligi, ya'ni ularning massalari va shu massalarning joylashish tartiblari (*geometrik shakli*) ham e'tiborga olinadi. «Nazariy mexanika» fanini o'rganishning maqsadi, mexanika qonunlarini yod olish emas, balki ushbu qonuniyatlar orqali har qanday murakkab mashina va jihozlarning ishlash sirlarini anglab yetishga qaratilgan.

Kuch va ularning moddiy jismlarga ko'rsatadigan mexanik ta'sirlarining o'lchovi ekanligi haqidagi tushunchalar statika qismida ko'rib o'tilgan edi. Lekin, statika qismida jismlarga ta'sir etuvchi kuchlarning vaqt mobaynidagi o'zgarishlarini hisobga olmagan edik va statika masalalarini yechganimizda barcha kuchlarni o'zgarmas deb qaragan edik. Amalda esa harakatlanuvchi jismga o'zgarmas kuchlardan tashqari, moduli va yo'nalishi bo'yicha o'zgaruvchan bo'lgan kuchlar ham ta'sir etadi. Shu qatorda berilgan (aktiv) kuchlar ham va bog'lanish reksiyalari ham o'zgaruvchan bo'lishlari mumkin.

Tajribalar orqali aniqlandiki, jismga ta'sir etayotgan kuchlar vaqtga, jismning holatiga (koordinatasiga) va uning tezligiga bog'liq ravishda o'zgaruvchan bo'lar ekan. Masalan, reostatni yoqish va o'chirish hisobiga elektrovozning tortish kuchi yoki elektromotorning yaxshi markazlashtirilmagan valining aylanishidan hosil bo'ladigan tebranishlar ta'sir idagi kuchlar vaqtga bog'liq ravishda o'zgaruvchi kuchlarga misol bo'lishi mumkin; butun olam tortilish qonuni yoki prujinaning elastiklik kuchi esa jismlarning holatiga (ya'ni koordinatalardagi o'rniga) bog'liq ravishda o'zgaruvchi kuchlarga misol bo'la olishi mumkin; muhit qarshiligi kuchi tezlikka bog'liq ravishda o'zgaradi.

Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, statika qismidagi kuchlar haqidagi tushunchalar va qoidalar to'lasicha **dinamika** qismida ham o'rinli hisoblanadi, chunki statika qismidagi qoidalar faqat o'zgarmas kuchlar uchungina o'rinli deyilgan emas.

Inertlik tushunchasi shundan iboratki, agar jismga biror tezlik berilsa jism shu tezlikni saqlab qoladi, agar unga kuch ta'sir etilsa, jismning tezligi birdaniga emas balki ma'lum vaqt mobaynida o'zgaradi. Va bu o'zgarish davri jismning inertligiga to'g'ri proportsional ravishda bo'ladi. **Moddiy jismlarning inertlik xossasining miqdori fizik qiymat bo'lib, uni jismning massasi deb ataladi.** Klassik mexanikada massa skalyar, faqat musbat ishorali va har-bir jism uchun o'zgarmas qiymat hisoblanadi.

Jismning harakati uning umumiy massasigagina bog'liq bo'lib qolmasdan, shu massaning qanday joylashganligiga ham, ya'ni jismning geometrik shakliga ham uzviy bog'liq bo'ladi.

Dinamika qismi ancha murakkab bo'lganligini hisobga olib, uni o'rganish nuqta **dinamikasidan** boshlanadi. Bunda, ma'lum massaga ega bo'lgan *moddiy nuqta* degan abstrakt tushuncha kiritiladi, ya'ni har qanday jismni uning geometrik shakliga (massalarning tarqalishiga) e'tibor bermasdan o'rganiladi (e'tibor bergan bo'lsangiz, kinematika qismida «**moddiy nuqta**» so'zi aslo ishlatilmagan edi).

Kinematika qismida ko'rib o'tganimizdek, har qanday harakat asosan ilgarilanma va aylanma harakatlarning yig'indisidan iborat bo'ladi. Agar masalalarning shartlariga ko'ra aylanma harakatlarni e'tiborga olinmasa bunday jismlarning harakatini o'rganishda ularni moddiy nuqta deb qabul qilinadi, chunki natijaviy yechimda hech qanday xatolik bo'lmaydi. Masalan, planetalarning Quyosh atrofdagi harakatlarini, artileriya snaryadining qanday masofaga borib tushishini aniqlashda va shunga o'xshash qator masalalarni yechishda, ularni moddiy nuqta deb qaraladi.

Ilgarilanma harakatdagi barcha masalalarni yechishda massasi jismning umumiy massasiga teng bo'lgan moddiy nuqta deb hisoblanadi. Mexanik sistema yoki qattiq jismlarning **dinamikasiga** oid harakatlarni o'rganishdan oldin, bitta moddiy nuqtaning **dinamikasiga** oid masalalarni ko'rib o'tish lozim bo'ladi. Shu sababli **dinamika** qismini moddiy nuqta **dinamikasidan** boshlab o'rganamiz.

9.2 Dinamika qonunlari. Moddiy nuqta dinamikasining asalalari.

Muammo: Mexanik harakatlarning qonunlari nechta. Ular qaysi tenglamalar orqali ifodalanadilar. Dinamika qonunlari kim tomonidan va qachon kashf etilgan.

Dinamikaning asosida jismlarning harakatlarini o'rganishga bag'ishlangan va jamiyatning ijtimoiy-mehnat faoliyatida sinovdan o'tgan qator tajriba va kuzatishlar natijasida aniqlangan qonuniyatlar yotadi. **Dinamikaning** qonunlarini birinchi bo'lib I. Nyuton o'zining 1687 yilda nashr etgan, «Tabiiy falsafaning matematik asoslari» nomli kitobida klassik ko'rinishda sistemalashtirilgan holda bayon qilgan.

Ushbu qonunlarni qo'yidagicha ifodalash mumkin:

Birinchi qonun (inertsiya qonuni): *tashqi muhit ta'siridan ihotalangan moddiy nuqtaga qo'yilgan kuchlar uning holatini o'zgartirmaguncha, u o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom etdiradi*. Kuchlar ta'sir qilmayotgan (*aniqrog'i-kuchlarning bosh vektori nolga teng bo'lgan*) jismning harakatini, *inertsiya bo'yicha* harakat deb ataladi.

Inertsiya qonuni materiya (borliq) ning asosiy xossaligidan biri, ya'ni uning har doim harakatda ekanligini ko'rsatib beradi. Ushbu qonun italyan olimi G. Galiley tomonidan (1638 y.) ochilgunga qadar, Aristotel (*Arastu, yunon faylasufi, Iskandar Zulqarnayning ustози, eramizdan oldingi 384-172y. yashagan*) tomonidan aytilgan fikr, ya'ni jism faqat kuch ta'siridagina harakat qilishi mumkin degan fikr hukmronlik qilardi.

Eng muhim narsalardan biri, ushbu inertsiya qonuni qaysi hisob sistemasida o'rinli ekanligini aniqlashdan iboratdir. Nyutonning fikricha ushbu qonun qandaydir qo'zg'almas (absolyut) fazoda joylashgan hisob sistemasidagina o'rinli hisoblangan. Lekin hozirgi zamondagi tushunchalar bo'yicha, fazo - bu materiya (borliq)ning yashash formasi bo'lib, undagi materiyalarning harakatiga bog'liq bo'lmagan qandaydir absolyut fazo bo'lishi mumkin emas ekan.

Ushbu qonun tajribalar orqali aniqlanganligi sababli (Galileyning ko'rsatmasiga asosan, qiyaligi kamayib borayotgan tekislikning ustidagi sharchaning harakati orqali ham aniqlash mumkin ekan), ma'lum darajadagi xatoliklarga ega bo'lgan hisob sistemasi, albatta, mavjud bo'lib, u hisob sistemasida bu qonun o'rinli bo'ladi. Shunga asosan ilmiy abstraktsiyaga tayangan holda, mexanikada ushbu **inertsiya qonuni** o'rinli bo'lgan hisob sistemasi mavjud ekanligi postulot (hali isbot qilinmagan fikr) tarzida kiritiladi va uni *inertsial hisob sistemasi* deb ataladi.

Amalda foydalanilayotgan real hisob sistemasini **inertsial hisob sistemasi** deb qabul qilish mumkin ekanligi, o'sha hisob sistemasining inertsial hisob sistemasi deb hisoblab, o'tkazilgan tajribalardan olingan natijalarni solishtirish orqali aniqlash mumkin. Tajribalar natijasida aniqlandiki, markazi Quyoshda joylashib, o'qlari qo'zg'almas yulduzlar tomonga yo'naltirilgan o'qlardan iborat hisob sistemasi bizning Quyosh sistemamiz uchun yuqori aniqlikdagi **inertsial sistema** hisoblanar ekan. Aksariyat masalalarni yechishda, yerga mahkamlangan hisob sistemasini inertsial sistema deb qabul qilish mumkin ekan va bundagi xatolik sezilarli emas ekan. Bunday fikrning o'rinli ekanligi keyinchalik asoslanib beriladi.

Ikkinchi qonun (**dinamika**ning asosiy qonuni): moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan ixtiyoriy kuchlar, uning tezligini qanday o'zgartirishi mumkin ekanligini aniqlab beradi, ya'ni: *moddiy nuqtaning massasini unga ta'sir qilayotgan kuchlardan oladigan tezlanishiga ko'paytmasi, moduli bo'yicha kuchga teng bo'lib, moddiy nuqtaning oladigan tezlanishining yo'nalishi kuchning yo'nalishi bilan bir xil bo'lar ekan*.

Ushbu qonunning vektor ko'rinishdagi matematik ifodasi, qo'yidagicha yoziladi

$$m \vec{a} = \vec{F} \quad (9.1)$$

Kuch bilan tezlanishning modullari orasidagi bog'lanish, qo'yidagicha bo'ladi

$$ma = F \quad (9.1')$$

Dinamikaning ikkinchi qonuni ham, birinchi qonun kabi faqat inertsial hisob sistemalaridagina o'rinli bo'ladi. Ushbu qonundan ko'rinib turibdiki, jismning massasi uning **inertlik** o'lchovi bo'lib hisoblanar ekan. Chunki biror kuchni moddiy nuqtaga ta'siridan oladigan tezlanish nuqtaning massasiga bog'liq bo'lib, qanchalik uning massasi oz bo'lsa, oladigan tezlanishi katta bo'ladi yoki aksincha.

Agar moddiy nuqtaga bir vaqtning o'zida bir nechta kuchlar ta'sir etsa, kuchlarning parallelogrammi haqidagi qoidaga asosan, ular shu kuchlarning geometrik yig'indisiga teng bo'lgan bitta teng ta'sir etuvchi $\vec{R}$ -kuchga ekvivalent bo'ladilar,

U holda **dinamikaning** asosiy qonuni, qo'yidagi ko'rinishga keladi,

$$m \vec{a} = q \vec{R} \quad \text{yoki} \quad m \vec{a} = q \sum \vec{F}_k \quad (9.2)$$

- ✱ Ushbu natijani boshqa usul bilan ham aniqlash mumkin, ya'ni kuchlarning jismga ta'sirlari bir birlariga bog'liq emasligiga asoslanib, har bir kuchdan alohida tezlanish oladi, so'ngra shu olingan tezlanishlarni geometrik usulda qo'shilsa, yuqoridagi tenglik kelib chiqadi.

Uchinchi qonun (ta'sir va aks ta'sir qonuni): moddiy jismlarning o'zaro mexanik ta'sirlarini harakterlab beradi. Ikkita moddiy nuqta uchun qo'yidagicha ifodalanadi: *ikkita moddiy nuqtaning bir-birlariga ta'sir kuchlari, shu nuqtalarni birlashtiruvchi chiziqda joylashib, modullari teng lekin yo'nalishlari qarama qarshi bo'lar ekan.*

Bu qonundan statika kursida foydalangan edik. Bu qonun moddiy nuqtalar sistemasining **dinamikasida** alohida ahamiyatga ega bo'lib, shu nuqtalarga ta'sir etadigan ichki kuchlarning o'zaro bog'likligini aniqlab beradi.

Agar ikkita erkin nuqta bir birlariga kuch bilan ta'sir etsalar, bu nuqtalar **dinamikaning** uchinchi va ikkinchi qonuniga asosan, ularning massalariga teskari proportsional bo'lgan tezlanishlar bilan harakatlanadilar. **D i n a m i k a n i n g m a s a l a l a r i**. Erkin moddiy nuqta uchun **dinamikaning** qo'yidagi masalalari yechiladi: 1) moddiy nuqtaning harakat qonuni berilgan bo'lsa, shu nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni aniqlash (**dinamikaning birinchi masalasi**); nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlar ma'lum bo'lsa, nuqtaning harakat qonunini aniqlash (**dinamikaning ikkinchi yoki asosiy masalasi**).

Agar moddiy nuqta erkin bo'lmasa, ya'ni unga bog'lanishlar ta'sir etib u ma'lum tekislik ustida yoki egri chiziqli bo'ylab harakatlansa, **dinamikaning** birinchi masalasida nuqtaning harakat qonuni va unga ta'sir etuvchi aktiv kuchlar berilgan bo'lsa, bog'lanishlarning reaksiyalari aniqlanadi. Erkin bo'lmagan jismlar uchun **dinamikaning** ikkinchi qonuni yana ikkiga ajraladi, ya'ni nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar ma'lum bo'lsa a) nuqtaning harakat qonuni, b) unga qo'yilgan bog'lanishlarning reaksiyalari aniqlanadi.

9.3. O'lchov birliklari.

Birinchi tip birlik sistemasi. Bu sistemada, asosiy birlik sifatida uzunlik vaqt va massa qabul qilingan, kuchning o'lchov birligi esa ularning hosilasidan kelib chiqadi

Bunday sistemaga *fizik qiymatlarning xalqaro o'lchov sistemasi* (SI) kiradi va unda mexanik qiymatlarning asosiy o'lchov birliklari sifatida metr (m), kilogramm massa (kg) va sekund (s) qabul qilingan. Kuchning o'lchov birligi esa hosilaviy qiymat bo'lib, -1 Nyuton (N) deb belgilangan; 1N - shunday kuchki, uning ta'sirida 1 kg massali jism 1 m/s²

tezlanish oladi ($1\text{Nq}1\text{kgmG's}^2$). 1m, 1kg va 1s qanday qiymat ekanligi fizika fanida batafsil ko'rib chiqilgan.

1961 yilda qabul qilingan halqaro birliklar sistemasi (SI) ancha afzal hisoblanganligi uchun, biz shu o'lchov sistemasidan foydalanamiz.

Ikkinchi tip birlik sistyemasi. Bu sistemada, asosiy birlik sifatida uzunlik vaqt va kuch qabul qilingan, massaning o'lchov birligi esa ularning tegishli hosilalaridan kelib chiqadi.

Bunday o'lchov sistemasi texnikada keng tarqalgan MKGSS sistemasi bo'lib, unda mexanik qiymatlarning asosiy o'lchov birliklari sifatida metr (m), kilogramm kuch (kG) va sekund (s) qabul qilingan. Massaning o'lchov birligi esa hosilaviy qiymat bo'lib, $-1\text{ kGqs}^2\text{G'm}$ deb belgilangan; ya'ni 1 kG kuch ta'sirida 1 mG's^2 tezlanish oladigan massa hisoblangan.

SI o'lchov sistemasi bilan MKGSS o'lchov sistemalari orasidagi bog'lanish qo'yidagicha: $1\text{kGq}9,81\text{N}$ yoki $1\text{Nq}0,92\text{ kG}$. Mexanikada o'lchov (razmer) va o'lchovning birligi degan tushunchalar ham bo'lib, ularni bir-birlari bilan almashtirib yubormaslik lozim. O'lchov berilgan qiymatning mazmunini bildirib, u faqat tenglamaning ko'rinishidan aniqlanadi.

O'lchov birligi esa asosiy qiymatlarning tanlab olinishiga bog'liq bo'ladi. Masalan, agar uzunlik vaqt va massani tegishlicha L, T va M harflari bilan belgilasak, tezlikning o'lchovi LG'T bo'ladi, (ya'ni uzunlikni vaqtga nisbati tezlikning o'lchovi), o'lchov birligi esa 1 mG'c , 1kmG'soat va h. k. bo'ladi.

9.4. Kuchlarning asosiy ko'rinishlari.

Muammo: Shu mavzugacha, biz kuchlarni yo'nalishi va qiymati jihatidan harakat davomida o'zgarmas qiymat deb hisoblagan edik. Aslida, kuchlar harakat davomida, ham yo'nalish, ham son qiymati o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. O'zgaruvchan kuchlar, vaqtning, tezlikning yoki moddiy nuqtaning koordinatalariga bog'liq ravishda o'zgarish qonuniyatlari qanday bo'lishi mumkin ekanligi o'rganiladi

Dinamika masalalarini yechishda biz asosan qo'yidagi o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlardan foydalanamiz (qoidaga ko'ra kuchlarning o'zgarish qonuniyatlari, tajriba yo'li bilan aniqlanadi).

O G' I R L I K K U C h I.

Bu yerning yaqinidagi fazoda, barcha jism (massa)lariga ta'sir etuvchi o'zgarmas kuch . Og'irlik kuchining moduli jismning og'irligiga teng bo'ladi.

Tajribalar orqali aniqlandiki, og'irlik kuchi ta'sirida (uncha katta bo'lmagan balandlikdan, havosiz bo'shliqda) yerga erkin tushib kelayotgan har qanday jismning tezlanishi har doim bir xil bo'lib *erkin tushish tezlanishi*, ba'zida esa *og'irlik kuchining tezlanishi*¹ deb ataladi va g-vektori orqali belgilanadi

¹ Jismlarning erkin tushishdagi harakat qonuni Galiley tomonidan ochilgan. Erkin tushishdagi tezlanish g-ning son qiymati yerning turli joylarida turlicha bo'ladi; uning qiymati

geografik kenglik va dengiz sathidan qancha balandlikda ekanligiga bog'liq bo'ladi. Moskvaning (dengiz sathidagi) kengligida $g = 9,8156 \text{ m/s}^2$.

$$U \text{ holda (9.1')} \text{ tenglamadan} \quad R_{\text{mg}} \text{ yoki } m_{\text{RG}}'g \quad (9.3)$$

Bu tengliklar orqali jismning massasi aniq bo'lsa, uning og'irligini (unga ta'sir etayotgan og'irlik kuchining modulini) yoki og'irligi ma'lum bo'lsa, uning massasini aniqlash mumkin ekan. Jismning og'irligi yoki og'irlik kuchi, g -qiymati kabi yerning geografik kengligi va dengiz sathidan balandligiga bog'liq ravishda ma'lum miqdorda farqlanadi; jismning massasi esa o'zgarmas qiymat hisoblanadi.

Ishqalanish kuchi. Sirpanib harakatlanuvchi jismlarning (suyuq yog'lar ishlatilmagan sirtlar orasidagi) yuzalariga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchini qisqacha shunday deb ataladi va u statika qismida (Kulon qonuni) batafsil bayon etilgan edi. Uning moduli qo'yidagi tenglama orqali aniqlanadi,

$$F = fN \quad (9.4)$$

bu yerda f -ishqalanish koeffitsienti bo'lib, uni o'zgarmas deb hisoblash qabul qilingan. N -normal reaksiya.

Tortilish kuchi. Bu kuch, N yuton tomonidan kashf etilgan kuch bo'lib, butun olam tortilish qonuniga asosan ikkita moddiy jismlarning bir birlarini tortilish kuchlaridan iboratdir. Tortilish kuchi masofaga bog'liq bo'lib, oralaridagi masofa r -ga teng bo'lgan va massalari m_1 , m_2 bo'lgan ikkita moddiy nuqtalarning o'zaro tortilish kuchi, qo'yidagi tenglik orqali aniqlanadi,

$$F = f m_1 m_2 G' r^2 \quad (9.5)$$

bu yerda f -gravitatsion doimiy qiymat (SI sistemasida $6,673 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{G}' \text{kg}^{-2}$).

Inert va gravitatsion massalar. Berilgan jismning massasini eksperimental usulda aniqlash uchun (9.1) formulaga asoslanish mumkin, bu tenglamada massa inertlik xossasi bo'yicha ishtirok etmoqda, shuning uchun uni inert massa deb ataladi. Lekin uni (9.5) formula orqali aniqlasak, bu tenglamada jismning gravitatsion xossasi bo'yicha ishtirok etadi, shu sababli uni gravitatsion (yoki og'ir) massa deb ataladi.

Inert va gravitatsion massalar bir narsa deb qabul qilinmagan bo'lsa ham, ularning qiymatlari bir-birlariga juda yuqori aniqlikda teng ekan. Ana shu eksperimental tasdiqlangan fakt, ekvivalentlik printsipli deb ataladi. Bu printsiplni Eynshteyn o'zining nisbiylikning umumiy nazariyasiga asos qilib olgan edi (tortilish nazariyasi).

Yuqoridagilarga asoslanib, mexanika fanida massani jismning inertlik o'lchovi va gravitatsion xossasini aniqlovchi «*massa*» degan yagona termin ishlatiladi.

9.5. Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.

Muammo: Yuqorida biz ko'rib o'tgan mavzular faqat, harakatni qanday qonuniyatlar orqali aniqlanishi haqida gapirilgan edi. Faraz qilaylik biz texnikada uchrab turadigan aniq bir masala berilgan bo'lsin. Shu masalani yechishni nimadan boshlash lozimligi, qanday hisob sistemalaridan foydalanish maqul ekanligini ko'rib o'tamiz.

Moddiy nuqta dinamikasi masalalarini yechish uchun qo'yidagi ikkita tenglamalar sistemalarining biridan foydalanamiz.

Dekart koordinatalaridagi tenglamalar. Kinematika qismidan ma'lumki nuqtaning to'g'ri burchakli dekart koordinatalaridagi harakati qo'yidagi tenglamalar orqali beriladi:

$$xqf_1(t), yqf_2(t), zqf_3(t) \quad (9.9)$$

Dinamikaning asosiy masalalari shundan iboratki, nuqtaning harakatini bilgan holda, ya'ni (9.9) formula aniq bo'lsa, shu nuqtaga ta'sir etuvchi kuch aniqlanadi. Yoki teskarisi, ya'ni nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlar ma'lum bo'lsa uning harakat qonuni, aniqrog'i (9.9) tenglamalar aniqlanadi. Shu sababli, nuqta dinamikasi masalalarini yechish uchun shu nuqtaning x, y, z -koordinatalari bilan unga ta'sir etuvchi kuch (kuchlar)ni bog'lovchi tenglamalar kerak bo'ladi. Bunday tenglamalarni dinamikaning ikkinchi (asosiy) qonuni orqali olinadi.

Oxyz inertsial hisob sistemasida joylashgan moddiy nuqtaning $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \bar{F}_3, \dots, \bar{F}_n$ kuchlar ta'siridagi harakatini ko'rib o'taylik. (9.2) tenglamaning, ya'ni $m\bar{a} = \sum \bar{F}_k$ - ning ikkala tomonini x, y, z -koordinata o'qlariga proektsiyalaymiz va $a_x qd^2xG'dt^2$, $a_y qd^2yG'dt^2$, $a_z qd^2zG'dt^2$ ekanligini eotiborga olsak,

$$m \frac{d^2x}{dt^2} q \sum F_{kx}, \quad m \frac{d^2y}{dt^2} q \sum F_{ky}, \quad m \frac{d^2z}{dt^2} q \sum F_{kz} \quad (9.9)$$

yoki vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilalarni ikkita nuqta orqali belgilasak,

$$m \sum F_{kx}, \quad m \sum F_{ky}, \quad m \sum F_{kz} \quad (9.9')$$

Mana shular bizga kerak bo'lgan tenglamalar sistemasidan iborat bo'lib, ularni *nuqtaning to'g'ri burchakli dekart koordinatalaridagi harakatining differentsial tenglamalari* deb ataladi. Nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar vaqt t -ga, nuqtaning o'rni, ya'ni uning x, y, z koordinatalariga va tezligiga, ya'ni $v_x q$, $v_y q$, $v_z q$ -larga bog'liq holda o'zgarishi mumkin ekanligi sababli, (9.9) tenglamalar sistemasidagi har bir tenglamaning o'ng tomonlari shunday o'zgaruvchilarning funktsiyalaridan iborat bo'lishi mumkin, ya'ni $t, x, y, z, v_x, v_y, v_z$ -lar birgalikda ishtirok etishlari mumkin.

Uch yoqli tabiiy o'qlarga proektsiyalardan iborat tenglamalar. Bunday tenglamalarni `osil qilish uchun  $m\bar{a} = \sum \bar{F}_k$  -tenglikni ikkala tomonini  $M \square nb$ - o'qlarga proektsiyalaymiz, ya'ni nuqtaning traektoriyasiga urinma -  $M \square$  o'qqa, bosh normal -  $Mn$  o'qqa va binormal -  $Mb$  o'qqa (Oxyz-o'qlar, traektoriyalarga nisbatan `arakat qilmoqda) proektsiyalaymiz. U `olda $atqdvG'dt$, $anqv2G'r$, $abq0$ ekanligiga asoslanib, qo'yidagilarni yozamiz,

$$m \frac{dv}{dt} = \sum F_{k\tau}, \quad m \frac{v^2}{\rho} q \sum F_{kn}, \quad 0q \sum F_{kz} \quad (9.11)$$

bu yerdagi $vqdsG'dt$, (9.11) tenglamalar sistemasi *moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamasining uch yoqli tabiiy o'qlardagi proektsiyalari* hisoblanadi.

Xulosalar:

1. Bizni o'rab turgan koinot inertsial sitemadan iborat ekan.
2. Shu inertsial sistemada joylashgan ixtiyoriy qattiq jismlar, ularga ta'sir etayotgan kuchlarning bosh vektori nolga teng bo'lsa, ularning tezlik vektorlari o'zgarmas bo'lib, cheksiz vaqt mobaynida o'shanday tezlik bilan harakatlarini davom etaverar ekanlar.

Masalan, Quyosh sistemasi, o'zining 9 ta planetasi va bir qancha osmon jismlari bilan birgalikda, o'zining o'zgarmas tezligi bilan qilayotgan harakatini cheksiz davom etdiraverar ekan.

3. Aristotelg' (Arastu) tomonidan aytilgan fikr, ya'ni har qanday harakatlanayotgan jism, o'z harakatini davom etdirishi uchun, uni harakatlantiruvchi kuch albatta zarur ekanligi haqidagi noto'g'ri fikr G.Galiley tomonidan inkor etildi.

4. Ushbu fikr, ya'ni agar biror jismga tashqaridan ta'sir qilayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, u jism o'zining to'g'ri chiziqli o'zgarmas tezlik bilan qilayotgan harakati cheksiz davom etaverishligi, dinamikaning birinchi qonuni - inertsia qonuni deb qabul qilindi.

5. Agarda inertsial sistemada (masalan bizning quyosh sistemamizda) joylashgan ixtiyoriy jismga tashqaridan ta'sir etayotgan kuchlarning bosh vektori (yig'indisi) nolga teng bo'lmasa, ushbu jism o'sha bosh vektor-kuch yo'nalishi bo'yicha tezlanish olib, o'z harakatini tegishli ravishda o'zgartirishi aniqlandi

6. Bizning koinotimizda harakatlanayotgan qattiq jismlarning harakatlari, dinamikaning ikkinchi qonuni, ya'ni Nyutonning qonuni bilan sodir bo'lishi tasdiqlandi. Dinamikaning ikkinchi qonuni, dinamikaning asosiy qonuni deb atala boshlandi.

7. Dinamikaning asosiy qonuni, harakatning differentsial tenglamasi ekanligi aniqlandi, ya'ni har qanday jismning harakati faqat differentsial tenglamalar orqaligina ifodalanishi mumkin ekanligi isbotlandi.

8. Agarda birorta jismning harakat qonuni bizga ma'lum bo'lsa, unga ixtiyoriy vaqtda ta'sir etayotgan kuchning moduli va yo'nalishini aniq hisoblashimiz mumkin ekanligi isbotlandi.

9. Yuqoridagilarga asosan, shu narsa isbot bo'ldiki, har qanday jismning (masalan, uchayotgan o'rdakka otilgan o'qning, parvoz qilayotgan samolyotga otilgan raketaning, uzilib tushayotgan olmaning, osmondan tushayotgan meteorit, qor va yomg'irning, yulduzlarning, planetalarning (ularning tabiiy va sunoiy yo'ldoshlarining) harakat qonunlarini oldindan va juda yuqori aniqlikda hisoblashimiz mumkin ekan.

9. Demak, har qanday jismlarning mexanik harakatlarining qonuniyatlarini, insonlar tomonidan oldindan hisoblash mumkin ekan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Dinamika qismi nimani o'rganadi?
2. Dinamikaning birinchi qonuni nimadan iborat?
3. Xavosiz bo'shliqda jism harakatlana olishi mumkinmi?
4. Dinamikaning asosiy qonunini taoriflab bering?
5. Dinamikaning uchinchi qonunini taoriflab bering?
6. Inertsial hisob sistemasi nimadan iborat?
7. SI halqaro o'lchov sistemasi nima?
8. MKGSS o'lchov sistemasi nima?
9. Kuchlarning asosiy ko'rinishlari qaysilardan iborat?
9. Xarakatning differentsal tenglamasini Dekart o'qlardagi ko'rinishini yozib bering?
11. Xarakatning differentsal tenglamasini tabiiy uch yoqli o'qlardagi ko'rinishini yozib bering?
12. Dinamikaning birinchi asosiy masalasini nimadan iborat?

Mustaqil tahlil mavzulari

- 1.Nuqta va qattiq jism dinamikasining tarixi.
- 2.Nuqta va qattiq jism dinamikasining rivojlanishiga dunyo olimlarining qqshgan o'issasi.

3. Tarqalgan va yig'ilgan kuchlar. Tarqalgan kuchlarni yig'ilgan kular bilan almashtirish.

4. O'zgaruvchi kuchlar.

Nazariy mexanika" o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu10: Nuqtaning murakkab harakati.

Vaqt: 2 soat	
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi:</i>	Nuqtaning nisbiy, ko'chirma va mutloq (absolyut) harakatlari. Ko'chirma harakat, ilgariylanma yoki qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat bo'lgan hollarda tezliklarni va tezlanishlarni qo'shish haqidagi teoremlar. Kariolis tezlanishi.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda nuqtaning murakkab harakati tadbirini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Nuqtaning murakkab harakatini tushunchasini berish - Ko'chirma harakat, ilgariylanma yoki qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat masalasi - Murakkab harakatiga oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Nuqtaning nisbiy va ko'chirma harakati yoki o'q atrofida aylanma harakati olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, laboratoriya xonalar.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, laboratoriya o'tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar
10 – MAVZU

10-Mavzu: Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi

Reja:

1. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatida, dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini yechish.
2. Masalalar yechish tartibi.
3. Muhit (havo) qarshiligi ostidagi jismning pastga tushishi.
4. Nuqtaning egri chiziqli harakatida dinamikaning asosiy masalasini yechish.

Muammo: Dinamikaning asosiy qonuni bitta (2) vektor tenglamadan iborat bo'lganligi uchun, ular orqali faqat bitta noma'lumni aniqlash mumkin xolos, ya'ni agar moddiy nuqtaning massasi va uning harakat qonuni berilgan bo'lsa, shu moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning bosh vektorini aniqlash mumkin. Yoki shu moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlar sistemasi va uning massasi ma'lum bo'lsa, shu moddiy nuqtaning harakat qonuni aniqlanadi. Quyida shunday masalalarni yechish haqida ko'rsatmalar beriladi.

10.1. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatida, dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini yechish.

Agarda moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning (yoki unga ta'sir kuchlarning teng ta'sir etuvchisini) yo'nalishi o'zgarmas bo'lsa va boshlang'ich tezlik nol bo'lsa yoki uning yo'nalishi kuchga parallel bo'lsa, uning harakati to'g'ri chiziqli bo'ladi.

Agarda to'g'ri chiziqli harakatdagi nuqtaning yo'nalishi bo'yicha Ox koordinata o'qini yo'naltirsak, u holda moddiy nuqtaning harakati qo'yidagi formula orqali aniqlanadi, ya'ni

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \sum F_{kx}, \quad \text{ёки} \quad m \ddot{x} = \sum F_{kx} \quad (10.1)$$

(10.1) tenglama, *to'g'ri chiziqli harakatning differentsial tenglamasi* deb ataladi. Ba'zi hollarda buni birinchi tartibli hosilalardan iborat bo'lgan ikkita tenglamalar sistemasi bilan almashtirish mumkin bo'ladi,

$$m \frac{dv_x}{dt} = \sum F_{kx}, \quad \text{ба} \quad \frac{dx}{dt} = v_x \quad (10.2)$$

Agarda masalaning shartiga ko'ra, tezlik vaqtga bog'liq emas, balki uning x koordinatasiga (yoki kuchning o'zi x -ga) bog'liq holda aniqlash zarur bo'lsa, u holda (10.2) tenglamaning argumenti x -ga bog'liq bo'ladi,

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{dv_x}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dv_x}{dx} \cdot v_x$$

u holda (10.2) formula qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$$m v_x \cdot \frac{dv_x}{dx} = \sum F_{kx}, \quad \frac{dx}{dt} = v_x \quad (10.3)$$

Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini yechish shundan iborat bo'ladiki, moddiy nuqtaga qo'yilgan kuchlar ma'lum bo'lsa, uning harakat qonunini, ya'ni $xqf(t)$ ni aniqlanadi. Buning uchun tegishli differentsial tenglamani integrallash lozim bo'ladi. (10.1) tenglamaning o'ng tarafidagi kuchlar vaqt, t -ga, nuqtaning holatiga yoki uning tezligiga, ya'ni x -ga va v_x -ga bog'liq holda o'zgarishi mumkin. Shu sababli umumiy holda (10.1) tenglama matematik nuqtai nazardan qaralganda $m \cdot qF(t, x, v_x)$ ko'rinishdagi 2 tartibli differentsial tenglamadan iborat bo'ladi.

Agar muqim (konkret) masala uchun tuzilgan (10.1) differentsial tenglamani integrallash mumkin bo'lsa, u holda yechimda ikkita (o'zgarimas qiymatlar) S_1 va S_2 lardan iborat interal doimiylari paydo bo'ladi va (10.1) tenglamaning umumiy yechimi qo'yidagi ko'rinishda bo'ladi,

$$xqf(t, C_1, C_2) \quad (10.4)$$

Xar bir muqim masalaning yechimini oxiriga yetkazish uchun, S_1 va S_2 integral doimiylarini aniqlash lozim bo'ladi. Buning uchun *boshlang'ich shartlardan* foydalaniladi.

Xar qanday harakatni o'rganishni *boshlang'ich moment* deb ataladigan qandaydir ma'lum vaqtdan boshlanadi. Xarakat davomidagi o'tgan vaqtni shu $tq0s$ momentdan boshlab o'lchanadi. Amalda berilgan kuchlar ta'sirida boshlangan vaqtni, boshlang'ich daqiqa, deb qabul qilinadi. Boshlang'ich daqiqadagi nuqtaning dekart (yoki tabiiy) koordinatalaridagi o'rnini *boshlang'ich holat* deb ataladi, nuqtaning shu daqiqadagi tezligini, *boshlang'ich tezlik* deb ataladi. ($tq0s$ vaqtda boshlang'ich tezlik nolga teng bo'lmasligi mumkin, chunki nuqta inertsiasini bilan harakatlanayotgan bo'lishi yoki boshqa kuchlar ta'sirida olgan tezligi bilan harakatlanayotgan bo'lishi mumkin). Demak, dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini yechish uchun, berilgan kuchlardan tashqari, nuqtaning $tq0s$ vaqtdagi boshlang'ich holati va boshlang'ich tezligi¹ aniq bo'lishi shart ekan.

To'g'ri chiziqli harakatdagi boshlang'ich shartlar qo'yidagi ko'rinishda beriladi

$$tq0 \text{ vaqtda } xqx_0, \quad v_x qv_0 \text{ bo'ladi} \quad (10.5)$$

Boshlang'ich shartlarga asoslanib, S_1 va S_2 integral doimiylarning muqim qiymatlari aniqlanadi va ular yordamida nuqtaning harakat qonuni hisoblangan (10.1) tenglamaning qo'yidagi ko'rinishdagi xususiy yechimi aniqlanadi,

$$xqf(t, x_0, v_0) \quad (10.6)$$

Yuqorida aytilgan barcha fikrlarni qo'yidagi sodda bir masalada ko'rib chiqamiz:

2. Masalalar yechish tartibi

Muammo: Nazariy mexanikadagi masalalar asosan og'zaki holda beriladi. Ularni yechishni nimadan boshlash lozim ekanligini o'rganamiz. Masalalar qanday berilishiga bog'liq holda, har xil yo'llar mavjud, lekin hamma masalalarni yechishda albatta bajarilishi lozim bo'lgan amallar nimalardan iborat ekanligi haqida so'z yuritiladi.

Nuqta dinamikasining masalalarini yechish tegishli differentsial tenglamalarni integrallash yo'li bilan amalga oshiriladi va qo'yidagi ikkita amaldan iborat bo'ladi.

1. Xarakatning differentsial tenglamalarini tuzish. Agar nuqta to'g'ri chiziqli harakatda bo'lsa, differentsial tenglamani tuzishda:

a) hisob boshini tanlab olinadi (qoida bo'yicha, uning boshini nuqtaning boshlang'ich holatiga ko'chirib qo'yiladi) va traektoriyasi bo'ylab harakat tomonga yo'nalgan koordinata o'qi

o'tkaziladi; agar nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar ta'sirida birorta holatda u muvozanatini saqlay olsa, koordinata boshini o'sha statik muvozanat nuqtaga ko'chirish lozim bo'ladi;

b) harakatlanayotgan nuqtani traektoriya'ning ixtiyoriy holatida tasvirlanadi (lekin $x>0$ va $v_x>0$ bo'lishi shart; oxirgisi juda ahamiyatli, chunki nuqtaga qo'yilgan kuchlarning ichida tezlikka bog'liq kuchlar ham bo'lishi mumkin) va nuqtaga qo'yilgan barcha kuchlar vektor shaklida tasvirlanadi.

v) barcha kuchlarning koordinata o'qiga proektsiyalarini aniqlaymiz va ularning yig'indisini differentsial tenglamaning o'ng tomoniga qo'yamiz; *hamda o'zgaruvchan kuchlarni (t , x va v) lar orqali ifodalangan qiymatlarini qo'yishimiz shart;*

2. Xarakatning differentsial tenglamalarini integrallash. Tuzilgan differentsial tenglamalarni ularning ko'rinishlariga va o'ng tomonidagi hadlarga bog'liq ravishda oliy matematika kursidagi usullar yordamida yechiladi. Agar nuqtaga qo'yilgan o'zgarmas kuchlardan tashqari o'zgaruvchan kuchlar faqat vaqt t -ga, faqat masofa x -ga yoki faqat tezlik v -ga bog'liq holda bo'lsa, to'g'ri chiziqli harakatning differentsial tenglamasini o'zgaruvchilarni ajratish usuli orqali integrallash mumkin (10.2, 10.3 va 10.4 masalalar). Agar masalaning shartiga ko'ra faqat tezlikni aniqlash kerak bo'lsa, (10.1) yoki (10.2) tenglamani bir marta integrallash kifoya qiladi.

3. Integral doimiylarini aniqlash. Integral doimiylarini aniqlash uchun, masalaning shartidan (10.5) ko'rinishdagi boshlang'ich shartlarni aniqlab olish lozim. Boshlang'ich shartlarga ko'ra integral doimiylarining qiymatlarini qanday aniqlashni 10.1-masalada ko'rsatib o'tildi. Integral doimiylarini har bir integrallashdan keyinroq aniqlash ham mumkin.

Agar differentsial tenglama o'zgaruvchilarga ajraladigan ko'rinishda bo'lsa, u holda integral doimiylarini kiritmasdan tenglamaning ikkala tomonidan to'g'ridan to'g'ri aniq integral olish ham mumkin bo'ladi; bunday usul 10.5 masalada ko'rsatib o'tiladi.

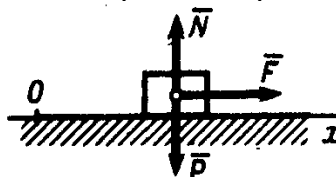
4. Izlanayotgan noma'lum qiymatlarni aniqlash va olingan natijalarni tahlil qilish. Olingan natijalarni tahlil qilish, hamda ularning o'lchovlarini bavoysita tekshirish uchun, hamma yechimlarni (harflar orqali) umumiy ko'rinishda yozilishi kerak, so'ngra ulardagi o'zgaruvchilarga tegishli son qiymatlarni qo'yib oxirgi natijalar olinadi.

Yuqorida aytilgan qoidalar egri chiziqli harakatda ham o'rinli bo'ladi.

Quyida kuch vaqtga, masofaga va tezlikka bog'liq bo'lgan uchta muqim (konkret) masalalarni ko'rib chiqamiz.

1. Kuch vaqtga bog'liq holda o'zgaradi.

10.2 masala. Og'irligi R bo'lgan yuk muvozanat holatdan boshlab unga qo'yilgan $\vec{F}$ kuch ta'sirida silliq gorizontaal tekislik ustida harakat qilmoqda. $\vec{F}$ kuch vaqtga bog'liq holda o'zgaruvchan bo'lib, uning moduli vaqtga proporsional ravishda o'zgarib, F_{qkt} funktsiya orqali aniqlanadi. Yukning harakat qonuni aniqlansin.



10.2-shakl

Echish. Xisob boshi qilib O nuqtani tanlab olamiz va Ox o'qini harakat yo'nalishi bo'yicha yo'naltiramiz (10.2- shakl). U holda yukning harakatini boshlang'ich shartlari $t=0$ bo'lganda $x=0$, $v_x=0$ bo'ladi. Yukni o'qning ixtiyoriy joyida tasvirlaymiz va unga ta'sir etuvchi kuchlar $\vec{F}$, $\vec{P}$ (og'irlik kuchi) va $\vec{N}$ (tekislikning reaksiyasi)ni vektor shaklida qo'yamiz. Bu kuchlarning Ox o'qiga proektsiyalari F_x , P_x , N_x lardan iborat bo'ladi. U holda (10.2) differentsial tenglama, qo'yidagi ko'rinishda bo'ladi,

$$\frac{P}{g} \cdot \frac{dv_x}{dt} = k \cdot t$$

Bu tenglamaning ikkala tarafini dt -ga ko'paytirib yuborsak, o'zgaruvchilar darhol ajrab qoladi, so'ngra uni integrallab,

$$(R/g)v_x^2 = k^2 t^2$$

ni hosil qilamiz. Boshlang'ich shartlarni qo'yib $t=0$ ekanligini aniqlaymiz. So'ngra v_x -ni dx/dt bilan almashtiramiz, ya'ni

$$\frac{dx}{dt} = (kg/2P)t^2.$$

Tenglamaning ikkala tomonini dt -ga ko'paytiramiz va o'zgaruvchilarni ajratib, yana bir marta integral olamiz, natijada

$$x(kg/2P)t^3 = C_1$$

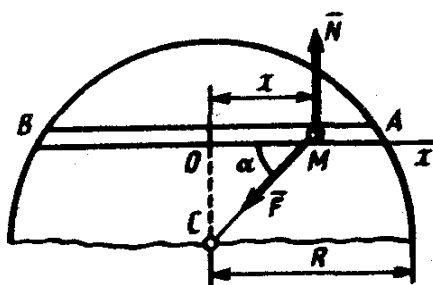
Boshlang'ich shartlar orqali $C_1=0$ ekanligini aniqlaymiz va nihoyat yukning harakat qonunini yozamiz,

$$x(kg/2P)t^3 = C_1$$

Shunday qilib, yukning bosib o'tgan masofasi vaqtning kubiga to'g'ri proporsional ekanligini aniqladik.

2. Kuch masofaga bog'liq o'zgaradi.

10.3-masala. Ishqalanish kuchini va havoning qarshiligini hisobga olmagan holda, yerning AV vatari bo'ylab kavlangan kanalning A boshidan to oxirgi V nuqtasigacha borishi uchun qancha vaqt sarflanishi aniqlansin (10.3 shakl). Xisoblash ishlarida yerning radiusi $R=6370$ km deb hisoblansin.



10.3 shakl

Eslatma. Tortilish nazariyasida isbot qilinishicha, yerning ichida joylashgan har bir jism yerning markazigacha bo'lgan r -masofasiga to'g'ri proporsional bo'lgan kuch ta'sirida yerning markaziga tortilib turadi. yerning ustida, ya'ni yerning markazigacha $r=R$ bo'lgan masofada turgan jismga ta'sir etayotgan kuch og'irlik kuchi ($F_q=mg$)dan iborat bo'lib, yerning ichidagi jismga ta'sir etuvchi kuch

$$F_q(mgR/r)r$$

dan iborat bo'lib, bu yerdagi $r=MC$ - M nuqtadan yerning markazigacha bo'lgan masofa.

Echish. Xisob boshini AV vatarning o'rtasiga qo'yamiz (chunki kanalning ichidagi nuqta shu joyda muvozanatda bo'lishi mumkin bo'lar edi) va Ox o'qini OA chizig'i bo'ylab

yo'naltiramiz. Agar AV vatarning uzunligini $2a$ deb hisoblasak, boshlang'ich shartlar qo'yidagicha bo'ladi, ya'ni t_{q0} bo'lganda x_{q0} va v_{xq0} bo'ladi.

Nuqtaning ixtiyoriy holatida unga $\vec{F}$ va $\vec{N}$ kuchlar ta'sir etadi. Shu sababli

$$-F_{\text{KX}} - F_{\text{cos}} - q(mgG'R)\cos\alpha - q(mgG'R)x,$$

bo'ladi, chunki shakldan $\cos\alpha = q/x$ va N_{q0} .

M nuqtaga ta'sir etayotgan kuch koordinata x -ga bog'liq ekan. Tuzilgan differentsial tenglamadagi o'zgaruvchilarni ajratish uchun, uni (10.3) ko'rinishda yozamiz. So'ngra qo'yidagi belgilashni kiritib $gG'Rqk^2$, tenglamaning ikkala tomonini m -ga qisqartirsak

$$v_x \cdot \frac{dv_x}{dx} = -k^2 \cdot x$$

hosil bo'ladi.

Tenglamaning ikkala tomonini dx -ga ko'paytirsak, o'zgaruvchilar o'z o'zidan ajrab qoladi, so'ngra tenglamani integrallab, qo'yidagi natijani olamiz,

$$v_x^2 G'2q - k^2 x^2 G'2QC_1$$

Boshlang'ich shartga ko'ra x_{q0} bo'lganda v_{xq0} bo'ladi. Shunga asosan, $S_1 q k^2 x^2 G'2$ bo'ladi. S_1 -ning qiymatni yuqoridagi tenglamaga qo'yib, uni tezlikka nisbatan yechsak,

$$v_x q Q k \sqrt{a^2 - x^2} \text{ hosil bo'ladi.}$$

Biz tekshirayotgan nuqtaning holatida uning tezligi M dan O -ga yo'nalgan deb hisoblasak, ya'ni $v_x < 0$ bo'lsa, ildizning oldidagi ishorani manfiy deb hisoblaymiz (lekin, bu ishorani musbat deb hisoblanganda ham oxirgi natija bir xil bo'laveradi). So'ngra v_x -ni dx/dt bilan almashtirib

$$\frac{dx}{dt} = -k \sqrt{a^2 - x^2}$$

ni yozamiz.

O'zgaruvchilarni ajratib yuborsak,

$$k dt = - \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}}$$

va bu tenglamani integrallab,

$$k t q \arccos(xG'a) QC_2$$

hosil qilamiz. Ushbu tenglamaga boshlang'ich (t_{q0} da x_{q0}) shartlarni qo'yib, S_2 -ning qiymatini aniqlaymiz, ya'ni $S_2 q 0$ bo'lar ekan, demak $k t q \arccos(xG'a)$ bo'ladi, bundan M nuqtaning harakat tenglamasini aniqlaymiz, ya'ni

$$x q a \cos k t \text{ bo'ladi.}$$

Demak, M nuqtaning AV kanal ichidagi harakati amplitudasi a -ga teng bo'lgan harmonik tebranma harakatdan iborat bo'lar ekan.

Endi M nuqta kanalning oxirgi V nuqtasiga yetgandagi o'tgan vaqt t_1 - aniqlaymiz. V nuqtada x -ning koordinatasi x_{q-a} bo'ladi. Ushbu qiymatni M nuqtaning harakat tenglamasiga qo'ysak $\cos k t q - 1$ bo'ladi, bundan $k t_1 q$ va $t_1 q G'k$ -ning qiymatini aniqlaymiz. Yuqorida

kiritilgan belgilashga asosan $k q \sqrt{g/R}$. Ushbu ifodalarning son qiymatlarini qo'yib hisoblab chiqsak, shuni aniqlaymizki AV kanalning uzunligi qanday bo'lishidan qat'iy nazar, nuqta bir xil vaqtda kelar ekan, ya'ni

$$t_1 q \sqrt{R/g} \approx 42 \text{ min } 11 \text{ s bo'lar ekan.}$$

Ushbu natija ancha qiziqarli bo'lib (hozircha fantastikaga o'xshash bo'lgan) shunday kanal qazish loyihalarining paydo bo'lishiga sabab bo'lmoqda.

Qo'shimcha ravishda nuqtaning shunday harakatidagi maksimal tezlikning qiymatini aniqlaylik. Tezlik v_x - ning formulasidan $x=0$ bo'lganda $v=v_{\max}$, ya'ni O nuqtada uning tezligi maksimal bo'lar ekan. Demak

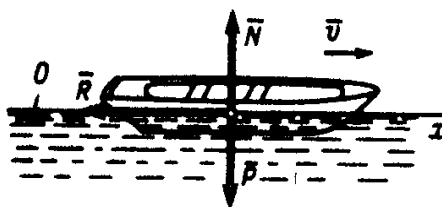
$v_{\max}$ qaqa $\sqrt{g/R}$ bo'lar ekan.

Masalan, $2\pi \cdot 0,1R \cdot 637\text{km}$ (taxminan Moskvadan Sankt Peterburggacha bo'lgan masofa) bo'lsa, maksimal tezlikning qiymati $v_{\max} \approx 395\text{m/s} \approx 1422\text{km/h}$ soat.

Moddiy nuqtaning masofaga proporsional bo'lgan kuch ta'siridagi tebranma harakati keyingi 25 va 26 mavzularda batafsil o'rganiladi. O'sha mavzuda qanday qilib tebranma harakatning differentsial tenglamalarini tuzish va ularni integrallash usullari ham ko'rib o'tiladi.

3. Kuch tezlikka bog'liq holda o'zgaradi.

10.4 masala. Massasi $m=40\text{ kg}$ bo'lgan qayiqni boshlang'ich $v_0=0,5\text{ m/s}$ tezlik bilan itarib yuboriladi. Qayiqning past (kichkina) tezliklarida suvning qarshilik kuchi (7) formula orqali, ya'ni $R \propto v$ deb hisoblanib, qancha vaqtdan keyin qayiqning tezligi ikki marta kamayishini va shu vaqt ichida u qancha yo'l bosishi aniqlansin. $m=9,1\text{kg}$ deb hisoblansin. Xamda qayiq to'xtaguncha qancha yo'l ni bosib o'tishi aniqlansin.



10.4 shakl.

Echish. Qayiqning hozirgi ondagi turgan o'rnini O nuqta deb belgilab, harakat yo'nalishida Ox o'qni o'tkazamiz (10.4-shakl). U holda boshlang'ich shartlar qo'yidagicha bo'ladi: $t=0$ bo'lganda $x=0$ va $v_x=v_0$ bo'ladi.

Qayiqni traektoriya'ning ixtiyoriy joyida tasvirlaymiz va unga ta'sir etayotgan $\vec{P}$, $\vec{N}$, $\vec{R}$ kuchlarni vektor shaklida qo'yamiz.

Eslatma. Qayiqqa bulardan boshqa hech qanday kuch ta'sir etmaydi. Qayiqni turtib yuborgan kuch $t=0$ vaqtgacha ta'sir etgan. Uning ta'sirini qayiqning boshlang'ich v_0 - tezligi orqali hisobga olingan Xarakat davomida qaysi kuchlar ta'sir etayotganligini aniqlash uchun kuch bir jismning ikkinchi jismga ta'sir idan iborat ekanligini unutmaslik kerak. Ushbu masaladagi qayiqning og'irlik kuch $\vec{P}$, bu yerning qayiqqa ta'sir kuch, $\vec{N}$ va $\vec{R}$ kuchlar esa qayiqning suvga ta'sir kuchlaridan iborat ($\vec{N}$ kuchi suvning qayiqqa ta'sir i, $\vec{R}$ kuchi qayiqning harakatiga suvning qarshiligi, ya'ni qayiq harakat qilmasa, bu kuch nolga teng bo'ladi). Qayiq o'zining harakatida faqat suv va yerdan boshqa hech qanday jism bilan o'zaro ta'sir ko'rsatmaydi, shu sababli hech qanday boshqa kuch bo'lishi mumkin emas. Bu masalaga eotiborni qaratishimizdan asosiy maqsad shuki, mana shunga o'xshash xatoliklar juda ko'p uchrab turadi.

Kuchlarning Ox o'qqa proektsiyalarini aniqlaymiz,

$$F_{kx} = -R - \frac{1}{2} \rho v^2 S C_x$$

Qayiqning harakatini (10.2) differentsial tenglamasini tuzamiz, $m \frac{dv}{dt} = -\mu v$ ekanligi uchun

$$m \frac{dv}{dt} = -\mu v$$

ni yozamiz.

Bu tenglamadagi o'zgaruvchilarni ajratib, uning ikkala tomonidan tegishli chegaralarda aniq integral olamiz. Xar-bir o'zgaruvchilarning ostki chegaralari boshlang'ich shartlarga muvofiq tanlanadi, yuqori chegaralari esa ixtiyoriy vaqt uchun olinadi.

Ushbu masalaning boshlang'ich shartlariga ko'ra $t=0$ bo'lganda $v=v_0$ edi, shu sababli

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = -\frac{\mu}{m} \int_0^t dt \quad \text{ёки} \quad \ln v - \ln v_0 = -\frac{\mu}{m} t \quad \text{bo'ladi,}$$

bundan

$$t = \frac{m}{\mu} \ln \left(\frac{v}{v_0} \right) \quad \text{bo'ladi.} \quad (a)$$

Izlanayotgan t_1 - vaqtni aniqlash uchun $v=0,5v_0$ ekanligi sababli $t_1 = \frac{m}{\mu} \ln 2 \approx 3 \text{ s}$ bo'ladi.

Qayiqning shu vaqt ichida bosib o'tgan yo'lini aniqlash uchun (10.3) ko'rinishdagi differentsial tenglama tuzamiz, chunki u tenglama orqali x -masofa bilan v -tezlik orasidagi bog'lanishni bevosita aniqlaydi. U holda

$$m v \frac{dv}{dx} = -\mu v$$

Tenglamaning ikkala tomonini v -ga qisqartirib, o'zgaruvchilarni ajratamiz va boshlang'ich shartlarga ko'ra o'zgaruvchilarning chegaralarini aniqlaymiz, ya'ni $x=0$ bo'lganda $v=v_0$ edi, shu sababli

$$\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = -\frac{\mu}{m} \int_0^x dx \quad \text{ёки} \quad v - v_0 = -\frac{\mu}{m} x$$

bundan

$$x = \frac{m}{\mu} (v_0 - v). \quad (b)$$

$v=0,5v_0$ deb hisoblab, bosib o'tilgan masofani aniqlaymiz: $x_1 = \frac{m}{\mu} v_0 \ln 2 \approx 1,1 \text{ m}$. Qayiqni to'xtaguncha bosib o'tgan yo'lini aniqlash uchun, (b) tenglikdagi tezlikni nolga tenglash lozim, ya'ni $v=0$ bo'lsa $x_2 = \frac{m}{\mu} v_0 \ln 2 \approx 2,2 \text{ m}$ ekan.

Qayiq to'xtaguncha o'tgan vaqtni aniqlash uchun (a) tenglamadan $t=0$ bo'lgandagi vaqt t_1 ekanligini aniqlaymiz. Bu narsa, shuni tasdiqlaydiki suvni qayiqning harakatiga ko'rsatayotgan ($R = \mu v$) qarshiligiga bog'liq ravishda u uzoq vaqt davom etar ekan va unga asimptotik ravishda yaqinlashar ekan. Albatta qayiqning to'xtashigacha o'tgan vaqt ma'lum bir aniq qiymatga teng bo'ladi, chunki tezlik kamaygan sari qarshilikning o'zgarish qonuni ham boshqacha bo'ladi, ya'ni $R=R(t)$ boshqacha bo'ladi

Nuqtaning egri chiziqli harakatida dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini yechish

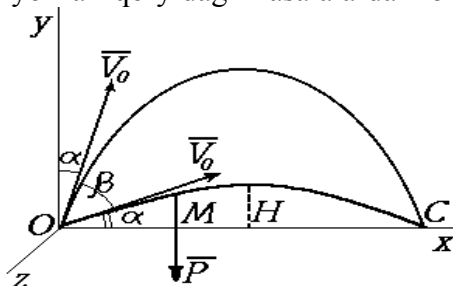
Muammo: Biz yuqorida ko'rib o'tgan masalalrning barchasi to'g'ri chiziqli harakatlarga oid edi. Tabiatda esa egri chiziqli harakatlar ko'proq uchraydi. Bunday masalalarni yechishning o'ziga xos bo'lgan xususiyatlari nimalardan iborat ekanligini ko'rib chiqamiz.

Nuqtaning egri chiziqli harakatida dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi (10.10) va (10.10) differentsial tenglamalar orqali yechiladi. Agar masala to'g'ri burchakli dekart koordinata o'qlarida, ya'ni (10.10) formula orqali yechiladigan bo'lsa, nuqtaning $t=0$ s dagi boshlang'ich holati va boshlang'ich tezligi qo'yidagi ko'rinishda beriladi: $t=0$ s bo'lganda

$$xqx_0, yqy_0, zqz_0, v_xq v_{x0}, v_yq v_{y0}, v_zq v_{z0} \quad (10.12)$$

Egri chiziqli harakatdagi nuqtaning (10.10) ko'rinishdagi differentsial tenglamalarni integrallab x, y, z koordinatalarni vaqt t -ning funktsiyasi sifatida aniqlaymiz, ya'ni nuqtaning harakat qonunini aniqlaymiz. Integrallash natijasida $S_1, S_2, \dots, S_6$ lardan iborat oltita integral doimiylari paydo bo'ladi, ularning son qiymatlari boshlang'ich shartlar (10.12) orqali aniqlanadi.

Masalalar yechishning muqim yo'llari qo'yidagi masalalarda ko'rsatib berilgan.



10.6-rasm

Gorizontga burchak ostida otib yuboirilgan moddiy nuqtaning bir jinsli maydondagi harakati. Gorizont tekislikka $\square$ -burchak ostida $\bar{V}_0$ -boshlang'ich tezlik bilan otib yuborilgan m -massali moddiy nuqtaning harakatini o'rganib chiqamiz. Masalani yechishda havoning qarshiligini e'tiborga olmaymiz, og'irlik maydonini bir jinsli ($\bar{P} = \text{const}$) deb hisoblaymiz. Nuqtaning parvozini hamda shu parvozdagi masofani yerning radiusiga nisbatan kichkina qiymat deb hisoblaymiz.

Moddiy nuqta harakatining boshlang'ich holati sifatida, koordinata boshi O nuqtani qabul qilamiz. O u o'qini vertikal yuqoriga, Ox o'qini gorizont tekislik bo'yicha yo'naltiramiz, Oz o'qini esa Oxu tekisligiga perpendikulyar holda yo'naltiramiz (20.6 shakl). Boshlang'ich tezlik vektori $\bar{V}_0$, O nuqtaga qo'yilgan bo'lib, uning yo'nalishi Ox o'qi bilan $\square$ burchak tashkil etadi.

Xarakatlanayotgan M nuqtani ixtiyoriy holatda tasvirlaymiz. Unga faqat bitta kuch, og'irlik kuchi $\bar{F}_{kop}^H$ ta'sir etmoqda (10.5 masalaning eslatmasiga qarang). Ushbu kuchning koordinat o'qlariga proektsiyasi qo'yidagicha bo'ladi:

$$R_xq0, \quad R_yq-Rq-mg, \quad R_zq0$$

Bu qiymatlarni (19.10) tenglamaga qo'ysak va $d^2xG'dt^2qdv_xG'dt$ va h.k., hosil bo'lgan tenglamalar sistemasini m -ga qisqartirib yuborsak, natijada:

$$\frac{dv_x}{dt} = 0, \quad \frac{dv_y}{dt} = -g, \quad \frac{dv_z}{dt} = 0$$

Bu tenglamalarning ikkala tomonlarini dt -ga ko'paytirib, so'ngra integrallasak

$$v_xqC_1, \quad v_yq-gtQC_2, \quad v_zqC_3 \text{ bo'ladi.}$$

Boshlang'ich shartlarni (20.12) tenglamalar orqali aniqlaymiz, ya'ni $tq0$ s bo'lganda

$$xq0, \quad yq0, \quad zq0, \quad v_xq v_0\square\cos\square, \quad v_yq v_0\square\sin\square, \quad v_zq0 \text{ bo'ladi.}$$

Ushbu boshlang'ich shartlar orqali integral doimiylarining son qiymatlarini aniqlaymiz

$$S_1qv_0\square\cos\square, \quad S_2qv_0\square\sin\square, \quad S_3q0.$$

Aniqlangan S_1, S_2, S_3 - qiymatlarni yuqoridagi tenglamalarga qo'yib, hamda v_x -ni o'rniga $dxG'dt$ va h.k., larni qo'ysak, qo'yidagi differentsial tenglamalarni hosil qilamiz, ya'ni

$$\frac{dx}{dt} = v_0 \cdot \cos \alpha, \quad \frac{dy}{dt} = v_0 \cdot \sin \alpha - gt, \quad \frac{dz}{dt} = 0$$

Bu tenglamalarni ikkala tomonlarini dt-ga ko'paytirib, integrallasak,

$$x = v_0 t \cos \alpha, \quad y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}, \quad z = C_6 \text{ bo'ladi.}$$

Boshlang'ich shartlarni qo'yib, S_{4q} S_{5q} S_{6q0} ekanligini aniqlaymiz va M nuqtaning harakat tenglamasini aniqlaymiz

$$x = v_0 t \cos \alpha, \quad y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}, \quad z = 0 \text{ bo'ladi.} \quad (10.13)$$

Oxirgi tenglamadan ko'rinib turibdiki, nuqta faqat Ox tekisligida harakat qilar ekan.

Nuqtaning harakat tenglamalari mavjud bo'lsa, kinematika usullari yordamida harakatning barcha karakteristikalarini aniqlash mumkin bo'ladi.

1. Nuqtaning traektoriyasi. (10.13) tenglamaning ikkita birinchi tenglamasidan vaqt t-ni yo'qotib yuborib, nuqtaning traektoriya tenglamasini aniqlaymiz:

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 \quad (10.14)$$

Ushbu tenglama Ox o'qiga parallel bo'lgan parabolaning tenglamasidan iborat. Shunday qilib, *gorizontal tekislikka burchak ostida otib yuborilgan og'ir nuqta havosiz fazoda parabola bo'yicha harakat qilar ekan* (Galiley).

2. Gorizontal bo'yicha uzoqqa tushishlik. Endi nuqtaning gorizontal o'q bo'yicha qancha uzoqqa tushganligini aniqlaymiz, ya'ni Ox o'qi bo'ylab bosib o'tilgan OSqX masofani aniqlaymiz. (10.14) tenglamada o'q 0 deb hisoblab, nuqta traektoriyasining Ox o'qi bilan kesishgan nuqtalarini aniqlash uchun ikkinchi darajali algebraik tenglama hosil qilamiz. Ushbu algebraik tenglamadan $x[gt - g \sin^2 \alpha] = 2v_0^2 \cos^2 \alpha$ iborat bo'ladi, bundan

$$x_1 = 0, \quad x_2 = \frac{2v_0^2 \cos^2 \alpha}{g \sin^2 \alpha} \text{ larni aniqlaymiz.}$$

Birinchi yechim (ildiz) koordinata boshi O nuqtani beradi, ikkinchi yechim esa S - nuqtani aniqlaydi. Shu sababli X_{q2} bo'ladi va

$$OSqXq \left(\frac{v_0^2}{g} \sin^2 \alpha \right) \text{ bo'ladi.} \quad (10.15)$$

(10.15) formuladan ko'rinib turibdiki, xuddi shunday gorizontal uzoqlikdagi masofa α - burchak ostida otilganda ham mavjud bo'lib, $2\alpha \neq 180^\circ - 2\alpha$, ya'ni $\alpha \neq 90^\circ - \alpha$ ga teng bo'ladi.

Demak, berilgan v_0 - boshlang'ich tezlik bilan otilgan nuqta gorizontalning S nuqtasiga ikkita traektoriya orqali yetib borishi mumkin ekan: pastki ($\alpha < 45^\circ$) va yuqorigi ($\alpha > 45^\circ$).

3. Traektoriya'ning balandligi. Agar (10.14) tenglamada $x = XG'2q \left(\frac{v_0^2}{g} \sin^2 \alpha \cos \alpha \right)$ deb hisoblasak, u holda nuqta traektoriyasining balandligi N aniqlanadi:

$$Nq \left(\frac{v_0^2}{g} \sin^2 \alpha \right) \quad (10.15')$$

4. Parvoz davri. (10.13) tenglamalar sistemasining birinchi tenglamasidan, nuqtaning parvozida o'tgan davr T-ni aniqlashimiz mumkin. Buning uchun $Xq v_0 T \cos \alpha$. Bu yerga X-ning qiymatini keltirib qo'ysak,

$$Tq \left(\frac{v_0}{g} \sin \alpha \right) \quad (10.15'')$$

Eng uzoq gorizontal masofaga borib tushadigan burchak $\alpha = 45^\circ$ bo'lib, α - ning shu qiymatida barcha kinematik karakteristikalarining qiymatlari qo'yidagicha bo'ladi:

$$X^*q \frac{v_0^2}{g}, \quad H^*q \frac{v_0^2}{g} \sin^2 \alpha, \quad T^*q \left(\frac{v_0}{g} \right) \sqrt{2}. \quad (10.16)$$

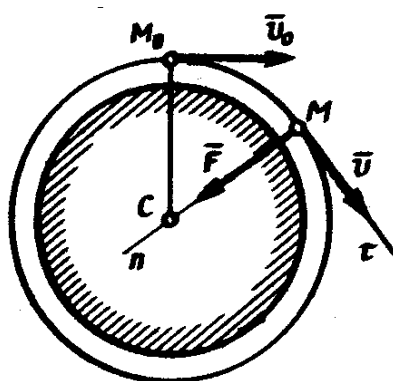
Yuqoridagi aniqlangan natijalar, tashqi **ballistika** dagi ayrim masalalarni, masalan α va v_0 larning qiymatlarini o'zgarishi bilan uzoqlik masofani qanchalik o'zgarishi, parvoz

balandligining o'zgarishi yoki shunga o'xshash amaliy masalalarni yechishda o'rinak (orientir - mo'ljal) sifatida bulardan foydalaniladi.

Misol. Ikkinchi jahon urushida nemislarning¹ FAU-2 reaktiv snaryadi vertikal yo'nalishda yuqoriga uchirilib, u Nq20 km balandlikka ko'tarilgandan keyin, gorizontga nisbatan $\alpha=45^\circ$ burchak ostida (raketaning burilishi maxsus qurilmalar orqali avtomatik ravishda amalga oshiriladi) $v_0=1700 \text{ m/s}$ boshlang'ich tezlik bilan parvozni davom qilar edi. Snaryadning keyingi harakati havosiz fazoda otib yuborilgan nuqtaning traektoriyasi bo'yicha sodir bo'ladi va qo'polroq qilib hisoblaganda bunday balandlikda og'irlik kuchi o'zgarmas bo'ladi, ya'ni $P=\text{const}$. U holda (10.16) formula orqali qo'yidagi qiymatlarni hisoblash mumkin :

$$X=300 \text{ km}, \quad H=75 \text{ km}, \quad T=245 \text{ s}.$$

Ushbu natijalar, haqiqatdan ham uchirilgan reaktiv snaryadlarning tegishli karakteristikalariga juda yaqin qiymatlarga ega bo'lgan.



10.7-shakl

Birinchi kosmik tezlik. yer atrofiga otib yuborilgan yana bir jismning harakatiga oid masalani ko'rib chiqamiz. yerning atrofida uning markazidan R masofada joylashgan aylanadan iborat orbita bo'ylab harakatda bo'lishi uchun, jism yerning markazidan R masofadagi boshlang'ich tezligi qancha bo'lishi kerakligi aniqlansin (10.7-shakl). Jismni moddiy nuqta deb hisoblab, havoning qarshiligi eotiborga olinmasin.

Jismning traektoriyasi aylanadan iborat bo'lgani uchun, uning tezlik vektori har doim shu traektoriyaga urinma bo'ylab yo'naladi, shu sababli uning tezligi $\vec{v}_0$, SM_0 radiusga perpendikulyar ravishda yo'naladi, bu yerda M_0 -jismning orbitadagi boshlang'ich holati.

Masalani yechishni davom etdirish uchun (10.10) formuladan foydalanamiz. Nuqtani traektoriya ning ixtiyoriy M nuqtasida tasvirlaymiz va shu M nuqtadan M_r va M_n o'qlarni o'tkazamiz. Nuqtaga ta'sir etuvchi yerning tortilish kuchi $\vec{F}$ -ni vektor shaklida ifodalaymiz; uning son qiymati $F=mg_0$, bu yerda m -jismning massasi, g_0 - M punktdagi tortilish kuchining tezlanishi; F_r va F_n bo'lgani uchun, (10.10) tenglama qo'yidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$m \frac{dv}{dt} = 0, \quad m \frac{v^2}{R} = F, \quad \text{yoki} \quad m \frac{v^2}{R} = mg_0$$

Birinchi tenglamadan $v=\text{const}$, bo'lgani uchun $v=v_0$ bo'ladi. Ikkinchi tenglamadan (agar $R=R_0=6378 \text{ km}$ -Er ekvatorining radiusi bo'lsa, u holda $g_0=9,82 \text{ m/s}^2$)

$$v_0 = \sqrt{g_0 R_0} = 764 \text{ m/s} \approx 7,9 \text{ km/s} \quad (10.17)$$

Tezlikning ushbu qiymati, yerning atrofiga otib yuborilgan jismni yerga qaytib tushmasligi uchun zarur bo'lgan eng minimal tezlik bo'lib, uni *aylanaviy* yoki *birinchi kosmik tezlik* deb ataladi.

Xulosalar:

1. Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi shundan iborat ekanki, agar moddiy nuqtaning massasi va unga ta'sir etayotgan kuchlar ma'lum bo'lsa, ular orqali shu nuqtaning harakat qonunini aniqlanar ekan.
2. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar faqat vaqtga, faqat masofaga yoki faqat tezlikka bog'liq holda o'zgarsa, tuzilgan differentsial tenglamalarni yechish oson hal bo'lar ekan.
3. Xarakat qonuni aniqlash uchun tuzilgan differentsial tenglamalarni ikki marta integrallash lozim bo'lar ekan. Integrallash jarayonida paydo bo'ladigan integral doimiylarni aniqlash uchun, harakatning boshlang'ich shartlari berilgan bo'lishi shart ekan. Boshlang'ich shartlar deb, moddiy nuqtaning harakatni kuzatish boshlangan vaqtdagi yoki uning birorta aniq vaqtdagi koordinatasi va tezligining qiymati ma'lum bo'lishi shart ekan.
4. Moddiy nuqta to'g'ri chiziqli traektoriya bilan harakatlanishi uchun, unga ta'sir etayotgan kuch harakat davomida o'z yo'nalishini o'zgartirmasligi va boshlang'ich tezlikning vektori, shu kuch vektori bilan bir to'g'ri chiziqli yotishi shart ekan.
5. Xarakatlanayotgan moddiy nuqtaga aktiv kuchlardan tashqari muhit qarshiligi kuchi ta'sir etsa, ular tezlikka bog'liq bo'lib, harakat yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lar ekan.
6. Gorizontga maolom burchak ostida yuqoriga otib yuborilgan harqanday jism parabola traektoriyai orqali harakat qilib yerga tushar ekan.
7. «FAU» raketalarining uchish traektoriyalari, avvaliga tik yo'nalishda 20 km gacha uchirilgan, so'ngra gorizontga $\alpha 45^\circ$ ostida otib yuborilgan snaryad taxminan 300 km gacha uzoqlikka borib tushgan.
8. Moddiy nuqta yer atrofida sunoy yo'ldoshga aylanishi uchun, eng kam tezlikning miqdori 7,9 kmG's dan kam bo'lmasligi shart ekan. Bunday, ya'ni birinchi kosmik tezlik bilan uchayotgan moddiy nuqtaning traektoriyasi aylanadan iborat bo'lar ekan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasining mohiyatini aytib bering?
2. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning moduli vaqtga bog'liq ravishda o'zgarsa, differentsial tenglamani yechish qanday kechadi?
3. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning moduli masofaga bog'liq ravishda o'zgarsa, differentsial tenglamani yechish qanday kechadi?
4. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning moduli tezlikka bog'liq ravishda o'zgarsa, differentsial tenglamani yechish qanday kechadi?
5. Moddiy nuqta to'g'ri chiziqli harakatda bo'lishi uchun, qanday shartlar bajarilishi lozim?
6. Muhit qarshiligi ta'siridagi jism harakatining differentsial tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi?
7. Egri chiziqli traektoriya bilan harakatlanayotgan moddiy nuqtaning harakatini differentsial tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi.
8. Integral doimiylarini aniqlash uchun nimalar aniq bo'lishi shart?
9. Ballistik traektoriyalar deb qanday traektoriyalarga aytiladi?
10. Yuqoriga otib yuborilgan moddiy nuqta yerga qaytib tushmasligi uchun qanday shartlar bajarilishi lozim?
11. Birinchi kosmik tezlik deganimizda nimani tushunamiz?
12. Ikkinchi kosmik tezlik nimadan iborat?

**”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim
texnologiyasi modeli.**

**Mavzu 11: Dinamika, moddiy nuqta harakatining differentsial
tenglamalari.**

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejası:</i>	Dinamikaning asosiy tushunchalari va qoidalari. Moddiy nuqta harakati differentsial tenglamalarining vektor usulda, Dekart koordinatalari va tabiiy usullarda ifodalanishi.
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda dinamikaning asosiy tushunchalari va qoidalari tadbirini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Moddiy nuqta harakatini tushunchasini berish - Dekart koordinatalari va tabiiy usullar masalasi - Moddiy nuqta harakatiga oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Dinamika, moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Dekart koordinatalari va tabiiy usullarda olgan tushunchalari bo’yicha talabalaridagi ko’nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza ,aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o’tkazish</i>

11-Mavzu: Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakati.

Reja:

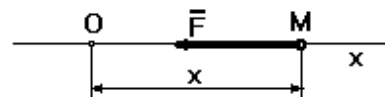
1. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli tebranma harakati. Muhit qarshilisiz erkin tebranma harakat.
2. Yopishqoq muhit qarshiligidagi erkin tebranma harakat (so'nuvchi tebranishlar).

11.1 Muhit qarshilgisiz erkin tebranma harakat

Muammo: Moddiy nuqtaning eng ko'p uchraydigan harakatlaridan biri, uning to'g'ri chiziqli bo'ylab tebranma harakati hisoblanadi. Lekin shu tebranma harakatlarning asosiy parametrlari, ya'ni tebranish chastotasi, tebranish amplitudasi, tebranish davri kabilar nimalarga bog'liq ravishda o'zgarishi, kerak bo'lgan hollarda tegishli chastota va amplitudaga ega bo'lgan tebranishlarni yaratish mumkinmi degan muhim savollarga qo'yida aniq javoblar olamiz.

Tebranish nazariyasi fizika va texnikaning qator ilmiy asoslarini tashkil etadi. Fan va texnikaning turli bo'limlariga tegishli bo'lgan tebranishlar bir-birlaridan, masalan, mexanikadagi, radiotexnikadagi, akustikadagi va b., o'zlarining fizik mohiyati bilan tubdan farq qilsalar ham, lekin tebranma harakatning asosiy qonuniyatlari hamma vaqt bir hilligicha qolar ekan.

Shu sababli, mexanik tebranishlarning qonuniyatlarini o'rganish o'ta muhim bo'lib, uning natijalari nafaqat texnikada, undan tashqari tebranishga bog'liq bo'lgan juda ko'p boshqa sohalarda ham dolzarb (aktual) hisoblanadi. Avvaliga muhit qarshiligini hisobga olmagan holdagi erkin tebranishlarni ko'rib o'tamiz. To'g'ri chiziqli bo'ylab harakatlanuvchi M nuqtaga, faqat bitta *-muvozanatlovchi* $\vec{F}$ kuch qo'yilgan bo'lib, yo'nalishi har doim O markazga qaraydi, moduli esa shu markazgacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional bo'lsin (11.1 shakl). Shu to'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab o'tkazilgan koordinata o'qiga $\vec{F}$ -kuchning proektsiyasi qo'yidagicha bo'ladi,



11.1 shakl

$$F_x = -cx \quad (11.1)$$

Shakldan ko'rinib turganidek $\vec{F}$ -kuchi nuqtani O markazdagi muvozanat holatga keltirishga harakat qiladi, chunki shu O nuqtada $F_q = 0$ ga teng bo'ladi; shu sababli uni «muvozanatlovchi» kuch deb ataladi. Bunday kuchga elastiklik kuchi (22.1§ dagi 22.2 shakl) yoki 20.3 masaladagi tortilish kuchi misol bo'la oladi.

M nuqtaning harakat qonunini aniqlaymiz. Xarakatning differentsial tenglamasini Ox o'qidagi proektsiyasi (20.1§ dagi 20.1 tenglama) ni yozamiz:

$$m \ddot{x} = F_x \quad \text{yoki} \quad m \ddot{x} = -cx. \quad (11.2)$$

Tenglikning ikkala tomonini m-ga bo'lib yuborib va c/m belgilash kiritib, yuqoridagi tenglamani qo'yidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \quad (11.3)$$

(11.3) tenglama, *muhit qarshilgisiz erkin tebranma harakatning differentsial tenglamasi* deb ataladi. Ushbu chiziqli, ikkinchi darajali bir jinsli differentsial tenglamaning yechimini $x = A \cos(\omega t + \phi)$ ko'rinishda izlanadi. (11.3) tenglamadagi x-ni $x = A \cos(\omega t + \phi)$ orqali ifodalab, nomaolum n- ni

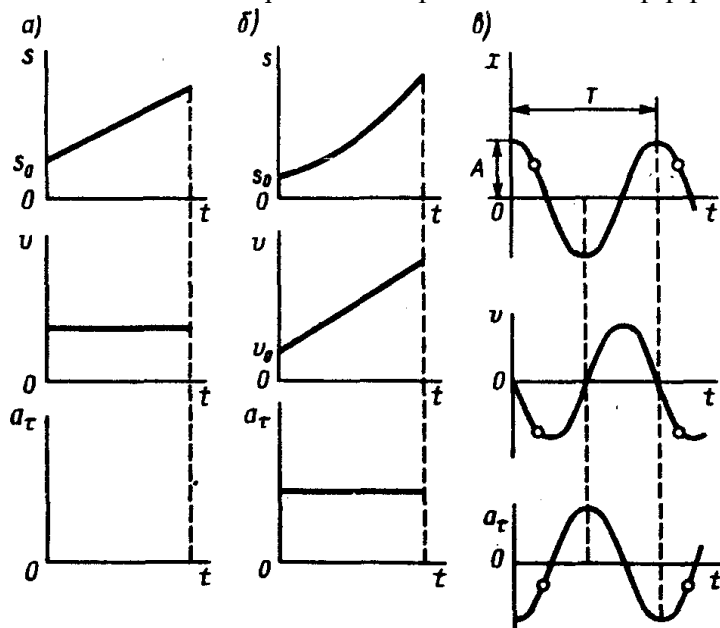
aniqlash uchun qo'yidagi kvadrat tenglamadan iborat bo'lgan karakteristik tenglamani hosil qilamiz $n^2 Q k^2 q_0$. Ushbu tenglamaning ildizlari faqat mavhum $(n_1, 2q_0 ik)$ qiymatlar bo'lgani sababli, differentsial tenglamalarning nazariyasiga asosan, (11.3) tenglamaning umumiy yechimi, qo'yidagicha bo'ladi

$$xqC_1 \sin kt + C_2 \cos kt, \quad (11.4)$$

u yerdagi S_1 va S_2 -lar integral doimiylari. Agar, S_1 va S_2 - o'zgarmas qiymatlarning o'rniga A va φ -dan tashkil topgan boshqacha, ya'ni $S_1 q A \cos \varphi$, $S_2 q A \sin \varphi$ larni kiritsak, u holda (11.4) tenglamaning ko'rinishi $xqA(\sin kt \cos \varphi + Q \cos kt \sin \varphi)$ yoki

$$xqA \sin(kt + Q\varphi), \quad (11.5)$$

bo'ladi. Bu (11.3) tenglamaning boshqacha yechimi bo'lib, integral doimiylari sifatida A va φ -lar ishtirok etmoqda. Ular orqali harakatni tadqiq qilish ancha qulay hisoblanadi.



11.2-a,b,v shakl.

Tebranma harakatdagi nuqtaning tezligi

$$v_x q \& q A k \cos(kt + Q\varphi), \quad (11.6)$$

(11.5) qonuniyat bilan tebranuvchi nuqtaning harakati *garmonik tebranma harakat* deb ataladi. Bunday harakatning $Q\varphi 90$ dagi grafigi 11.2, v shaklda ta'svirlangan.

Bunday harakatning barcha karakteristikalariga tasviriy kinematik tafsilotlar berish mumkin. Radiusi A ga teng bo'lgan aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan V nuqtaning harakatini ko'rib chiqaylik. Nuqtaning harakati V_0 -holatdan boshlanib, $DOB_0 q \varphi$ burchak orqali

aniqlanadi. OV radiusning burchakli tezligi- k o'zgarmas qiymat bo'lsin. U holda, ixtiyoriy t vaqtda burchak $\varphi q DOB_0 q Qkt$ bo'lsin, V nuqtaning (Ox o'qiga) DE -ga perpendikulyar bo'lgan diametrga proektsiyasi M , $xqA \sin(kt + Q\varphi)$, qonuniyat bilan harakat qiladi, bu yerda $xqOM$, ya'ni garmonik tebranma harakat qilmoqda.

M nuqtaning tebranish markazi O nuqtadan eng katta uzoqlashgan qiymati A , *tebranish amplitudasi* deb ataladi. $Qkt + Q\varphi$ *tebranish fazasi* deb ataladi. Tebranish fazasi- φ , nuqtaning koordinatasi x -dan farqli ravishda, berilgan vaqtdagi nuqtaning holatini aniqlabgina qolmasdan, keyingi harakatning yo'nalishini ham belgilab beradi; masalan, fazasi φ bo'lgan M holatdan, nuqta o'ng tomonga qarab harakatlanadi, fazasi $(\varphi - \varphi)$ bo'lganda esa chap tomonga qarab harakatlanadi. Bir-biridan 2φ fazaga farqlanuvchi tebranma harakatlar bir xil hisoblanadilar (11.2, v shaklda o'rtasi oq nuqtalar bilan bir xil fazalar belgilab qo'yilgan).

Tayanch so'z va iboralar: So'nuvchi tebranishlar, yopishqoq muhitning qarshilik koeffitsienti, karakteristik tenglama, so'nuvchi tebranishlar davri, chastotasi, so'nish dekrementi, logarifmik so'nish dekrementi.

Xulosalar:

1. Muvozanatlovchi kuch ta'siridagi harakat qilayotgan moddiy nuqtaning harakati erkin tebranishlardan iborat bo'lar ekan. Erkin tebranishlarning differentsial tenglamasi (11.3) formuladan iborat bo'lar ekan.
2. Erkin tebranishlarning parametrik tenglamasi (11.4) yoki (11.5) tenglamalar orqali yozilar ekan.
3. Integral doimiylarini aniqlash uchun, tebranma harakatning boshlang'ich shartlaridan foydalaniladi.
4. Xususiy tebranish chastotasi, muvozanatlovchi kuchning o'zgarma koeffitsientiga to'g'ri proportsional, moddiy nuqtaning massasiga teskari proportsional ravishda o'zgarar ekan.
5. Tebranish davri deb, moddiy nuqtaning muvozanat holatidan boshlab to'liq bir tebranishga sarflangan vaqtga aytilar ekan.
6. Tebranish chastotasi deb, 2π sekund vaqt ichidagi tebranishlar soniga aytilar ekan.
7. Tebranishlar amplitudasi deb, moddiy nuqtaning biror tomonga bo'lgan maksimal og'ishiga aytilar ekan.
8. Agar tebranishlar muhit qarshiligi taosirida sodir bo'lsa, bunday tebranishlar so'nuvchi erkin tebranishlar deb atalar ekan.
9. Amplitudaning sekin asta so'nib borishini harakterlovchi qiymat, so'nish dekrementi deb atalar ekan.
10. So'nish dekrementining natural logarifmi, so'nuvchi tebranishlarning logarifmik dekrementi deb atalar ekan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Moddiy nuqtaning erkin tebranishlari deb qanday harakatga aytiladi?
2. Erkin tebranma harakat sodir bo'lishi uchun qaysi shartlar bajarilishi shart.
3. Tebranish chastotasi deb qanday qiymatga aytiladi?
4. Tebranish davri nima?
5. Tebranish amplitudasi nima?
6. Muhit qarshiligi taosiridagi so'nuvchi tebranishlar deb qanday harakatlarga aytiladi?
7. Muhit qarshiligi qanday bo'lganda so'nuvchi tebranishlar sodir bo'ladi?
8. So'nish dekrementi deyilganda nimani tushunish lozim?
9. Logarifmik so'nish dekrementi qanday aniqlanadi?
10. Erkin tebranishlar chastotasi bilan so'nuvchi tebranishlar chastotasi orasidagi matematik bog'lanishni yozib bering?
11. Tebranish amplitudalari nimalarga bog'liq bo'ladi?
12. Chiziqsiz tebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi?
13. Kichik tebranishlarda tebranish amplitudasi, tebranish chastotasiga bog'liq bo'ladimi?

"Nazariy mexanika" o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 12: Moddiy nuqta dinamikasi, Dinamikasining ikki asosiy masalasi.

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta

<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza
<i>Ma ruza rejasi:</i>	Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi va ularni yechish usullari. Dinamikasining ikki asosiy masalasi, Dinamikaning birinchi masalasini yechish, Moddiy nuqtaning to'g'ri va egri chiziqli harakati uchun Dinamikaning asosiy masalasini yechish. integrallash o'zgarmlari va ularni boshlang'ich shartlarga ko'ra aniqlash.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi tadbirini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Dinamikaning asosiy masalasini yechish - Integrallash o'zgarmlari va ularni boshlang'ich shartlarga ko'ra aniqlash. - Moddiy nuqta dinamikasiga oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Dinamikasining ikki asosiy masalasi, Dinamikaning birinchi masalasini yechish olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma`ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma`ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

“Nazariy mexanika” kursi bo'yicha ma`ruzalar

12 – Ma`ruza

12-Mavzu: Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli majburiy tebranma harakati.

Reja:

1. Majburiy tebranishlar, Rezonans.
2. Muhit qarshiligi ta'siridagi majburiy tebranishlar.

3. Majburiy tebranishlarning umumiy xossalari.
4. Elektrodinamik analog.

12.1 Majburiy tebranishlar. Rezonans

Muammo: Biz yuqorida erkin tebranishlarning dinamik karakteristikalarini, xususiyl chastota va amplitudalarni qanday aniqlash `aqida fikr yuritgan edik. Endi, texnikada juda ko'p uchraydigan va o'ta mu'im mexanik `arakatlardan `isoblangan majburiy tebranishlarning dinamikasini ko'rib o'tamiz.

Ushbu mavzuda, nuqtaga muvozanatlovchi $\bar{F}$ -kuchdan tashqari vaqt mobaynida davriy ravishda o'zgarib turuvchi $\bar{Q}$ -kuchi `am taosir etgan, yaoni tebranma `arakatning juda bir mu'im masalasini ko'rib o'tamiz. $\bar{Q}$ -kuchining Ox o'qidagi proektsiyasi,

$$q_x q q_0 \sin \tau t \quad (12.1)$$

ga teng bo'lsin. Bunday kuchni *qo'z atuvchi kuch* deb ataladi va shu kuch taosiridagi tebranma `arakatni *majburiy tebranishlar* deb ataladi. (12.1) formuladagi r -qiymatni *qo'z atuvchi kuchning chastotasi* deb ataladi.

Vaqtga bo'liq bo'lgan *qo'z atuvchi kuch*, boshqacha qonuniyat bo'yicha `am o'zgarishi mumkin. Lekin biz, faqat (12.1) ko'rinishdagi qonuniyat bilan o'zgaruvchi *qo'z atuvchi kuchlar* ustida mavzu olib boramiz xolos. Ushbu (12.1) ko'rinishdagi *qo'z atuvchi kuchni garmonik qo'z atuvchi kuch* deb ataladi. Bunday kuch `aqidagi muqim misol 12.1 masalada ko'rib o'tiladi.

1. Mu'it qarshiligi bo'lmagan `oldagi majburiy tebranishlar¹.
`arakatlanuvchi nuqtaga muvozanatlovchi $\bar{F}$ kuchdan tashqari (24.1 shakl) faqat *qo'zg'atuvchi kuch* - $\bar{Q}$ ta'sir etsin. U holda nuqtaning harakat differentsial tenglamasi qo'yidagi ko'rinishda yoziladi

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + Q_0 x = q \sin \tau t$$

Bu tenglamaning ikkala tomonini m -ga bo'lamiz va qo'yidagi belgilashlarni kiritamiz

$$c G' m q k^2, Q_0 G' m q R_0 \quad (12.2)$$

R_0 -ning o'lchov birligi tezlanish kabi bo'ladi. U holda yuqoridagi differentsial tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi

$$\ddot{x} + k^2 x = Q_0 \sin \tau t \quad (12.3)$$

(12.3) tenglama *muhit qarshiligi bo'lmagan holdagi nuqtaning majburiy tebranma harakatining differentsial tenglamasi* deb ataladi. Differentsial tenglamalar nazariyasiga asosan, bunday tenglamaning yechimi $x_1 x_2$ ko'rinishda bo'ladi. Bu yerdagi x_1 -tenglamaning o'ng tomonisiz, ya'ni (12.3) ko'rinishdagi umumiy yechimi bo'lib (24.5) formulada berilgan, x_2 -esa (12.3) to'liq tenglamaning birorta xususiyl yechimidan iborat bo'ladi.

Tenglamaning x_2 - yechimini r deb hisoblab, qo'yidagi ko'rinishda axtaramiz

$$x_2 = V \sin \tau t$$

bu yerdagi V -o'zgarimas qiymat bo'lib, uning qiymati shunday bo'lishi lozimki, uni (12.3)-ga qo'yilganda tenglama ayniyatga aylanib qoladi. Shunga asosan, x_2 va uning ikkinchi tartibli hosilasi $\dot{x}_2$ -ni (12.3) tenglamaga qo'ysak,

$$-r^2 B \sin \tau t + Q_0 B \sin \tau t = R_0 \sin \tau t$$

Ushbu tenglik vaqt t -ning ixtiyoriyl qiymatlarida ham qanoatlanishi uchun $B(k^2 - r^2) = Q_0$ bo'lishi kerak, yoki

$$V = Q_0 / (k^2 - r^2)$$

Shunday qilib, izlanayotgan xususiyl yechim aniqlandi, ya'ni

$$x_2 = \frac{P_0}{k^2 - p^2} \sin pt \quad (12.4)$$

To'liq yechim $x_1 + x_2$ ko'rinishda bo'lganligi sababli, hamda x_1 -ning yechimi (12.4) formuladan ma'lum bo'lganligi uchun, (12.3) tenglamaning umumiy yechimi

$$x = A \sin(kt + \alpha) + \frac{P_0}{k^2 - p^2} \sin pt \quad (12.5)$$

bu yerdagi A va α - integral doimiylari bo'lib, ular boshlang'ich shartlar orqali aniqlanadi. (12.5) yechimdan ko'rinib turibdiki, tebranma harakat ikkita, ya'ni: 1) chastotasi $-k$ va amplitudasi A -(amplituda boshlang'ich shartlarga bog'liq holda bo'ladi) bo'lgan *xususiy tebranishlar*; 2) chastotasi $-r$ va amplitudasi V -(bu amplituda boshlang'ich shartlarga bog'liq holda bo'lmaydi) bo'lgan *majburiy tebranishlarning* yig'indisidan iborat bo'lar ekan.

Lekin amalda, u yoki bu qarshiliklar evaziga, xususiy tebranishlar tez orada so'nadi. Shu sababli, nuqtaning asosiy tebranma harakati, (12.4) tenglama orqali bo'ladigan majburiy tebranishlardan iborat bo'ladi.

Majburiy tebranishlarning chastotasi $-r$, qo'zg'atuvchi kuchning chastotasiga teng bo'ladi. Agar shu majburiy tebranishlar amplitudasining qiymatini surat va maxrajini k^2 -ga bo'lib yuborsak,

$$B = \frac{P_0}{|k^2 - p^2|} = \frac{\lambda_0}{|1 - p^2 / k^2|} \quad (12.6)$$

bu yerdagi $\lambda_0 = R_0 G' k^2 q q_0 G' c$, ya'ni λ_0 -nuqtaning Q -kuch ta'siridagi statik og'ishi bo'lib (12.2) formula orqali aniqlanadi. Ko'rinib turgandek, V -ning qiymati qo'zg'atuvchi kuchning chastotasi r -ni, xususiy chastota k -ga nisbatiga bog'liq ekan. Qo'yidagicha

$$zqrG'k, \quad \lambda_0 BG' \lambda_0 \quad (12.6')$$

belgilashlar kiritamiz. O'lchov birligi bo'lmagan λ_0 -koeffitsientni *dinamiklik koeffitsient* deb ataladi. U orqali, majburiy tebranishlarning amplitudasi V -ning (ya'ni, tebranish markazidan maksimal og'ishni), statik λ_0 -og'ishga nisbatan necha marta katta bo'lishi mumkin ekanligi aniqlanadi va chastotalarning nisbati z -ga bog'liq bo'ladi. (12.6) formulaning grafigi 12.3 shaklda tasvirlangan bo'lib, yuqoridagi egri chiziq hq_0 (qolgan egri chiziqlar λ va z -larga bo'liq ravishda tasvirlangan) uchun ko'rsatilgan.

Grafikdan [yoki (12.6) formuladan] ko'rinib turibdiki, r va k -qiymatlarning turli nisbatlarda olish hisobiga turlicha amplitudalarga ega bo'lgan majburiy tebranishlar hosil qilish mumkin ekan. Agar $r \ll k$ (yoki $r < k$) bo'lsa, amplituda λ_0 -ga teng (yoki shu qiymatga yaqin) bo'ladi, Agar r -ning qiymati k -ga yaqin bo'lsa, amplituda V juda katta bo'ladi. Va nihoyat $r \gg k$ bo'lsa amplituda V -ning qiymati juda kichik (yoki nolga yaqin) bo'ladi. Yana shuni ta'kidlash lozimki, agar $r < k$ bo'lsa, (12.1) va (12.4) tenglamalarni solishtirish orqali majburiy tebranishlar fazasi bilan qo'zg'atuvchi kuchning fazasi ustma-ust (ikkalasi ham rt -ga teng) tushar ekan. Agar $r > k$ bo'lsa, u holda sinusning ostiga manfiy ishorani kiritib, (12.4) formulani qo'yidagi ko'rinishga keltirish mumkin

$$x_2 = \frac{P_0}{k^2 - p^2} \sin(pt - \pi)$$

Demak, $r > k$ bo'lganda majburiy tebranishlar fazasi bilan, qo'zg'atuvchi kuchning fazasi, bir-biriga nisbatan π burchakka yo qiymati 12.1 shaklda ko'rsatilgandek, katta miqdorda (katta quloch bilan tebrana boshlaydi) ortib ketadi. Bu haqdagi batafsil ma'lumotlar shu paragrafning oxirgi 3p. - da bayon etilgan.

Agar $r < k$ bo'lsa (12.3) tenglamaning $x_2 \sin rt$ dan iborat xususiy yechimi bo'lmaydi, uning yechimini

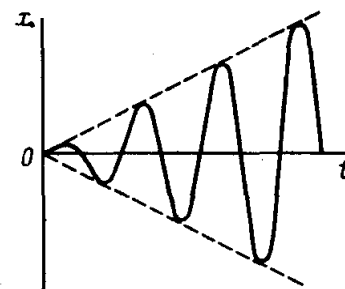
$$x_2 = S \sin \tau + S_0 \cos \tau$$

ko'rinishda qidiriladi. U holda, $x_2 = S \sin rt - S_0 \cos rt$, bularni

(12.3) tenglamaga qo'ysak va $r < k$ ekanligini e'tiborga olib, $-2S \sin rt + R_0 \sin rt$, bundan $S = R_0 G' / 2r$ bo'ladi. Natijada, muhit qarshiligi bo'lmagan majburiy tebranma harakatdagi rezonans holatning tenglamasini yozamiz:

$$x_2 = (R_0 G' / 2r) t \sin \tau \quad \text{yoki} \quad x_2 = (R_0 G' / 2r) t \sin(rt - \pi/2) \quad (12.7)$$

Ushbu tenglamadan ko'rinib turibdiki, haqiqatdan ham rezonans holatida majburiy tebranma harakatning qulochi vaqtga proporsional ravishda ortib borar ekan va bunday harakatning grafigi 12.1 shaklda tasvirlangan. Rezonans holatida faza $\pi/2$ burchakka suriladi.



12.1 shakl

12.2. Muhit qarshiligi ta'siridagi majburiy tebranishlar.

Xarakatdagi nuqtaga, muvozanatlovchi kuch $\bar{F}$, tezlikka proporsional ravishda o'zgaruvchi qarshilik kuchi $\bar{R}$ va (12.1) formula orqali ifodalanadigan qo'zg'atuvchi kuch Q ta'sir etsin. Bunday kuchlar ta'siridagi nuqtaning harakat differentsial tenglamasi, qo'yidagicha bo'ladi

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + kx = Q_0 \sin rt \quad (12.8)$$

Tenglamaning ikkala tarafini m -ga bo'lib, hamda (24.13) va (12.2) dagi belgilashlarni e'tiborga olsak, yuqoridagi tenglama

$$\ddot{x} + 2b \dot{x} + k^2 x = Q_0 \sin rt \quad (12.9)$$

(12.9) tenglama, yopishqoq muhit qarshiligi ta'siridagi majburiy tebranma harakatning differentsial tenglamasi deb ataladi. Uning umumiy yechimi $x = x_1 + x_2$ ko'rinishda bo'ladi. Bu yerdagi x_1 - tenglamaning o'ng tomonisiz, ya'ni (24.12) ko'rinishdagi tenglamaning umumiy yechimi [$k > b$ bo'lganda, (24.17) ko'rinishda] bo'ladi, x_2 - esa (12.9) to'liq tenglamaning birorta xususiy yechimidan iborat bo'ladi. Tenglamaning x_2 - echimini, qo'yidagi ko'rinishda axtaramiz

$$x_2 = V \sin(rt - \alpha)$$

bu yerdagi V va α - o'zgarmas qiymatlar bo'lib, ularning qiymatlari shunday bo'lishi lozimki, ularning aniqlangan qiymatlarini (12.3)-ga qo'yilganda, u tenglama ayniyatga aylanib qoladi. Shunga asosan, x_2 -ning hosilalarini hisoblaymiz

$$\dot{x}_2 = V r \cos(rt - \alpha), \quad \ddot{x}_2 = -V r^2 \sin(rt - \alpha)$$

Bu hosilalarni va x_2 -ning qiymatlarini (12.9) ning chap tomoniga keltirib qo'ysak, hamda qisqaroq yozish maqsadida $rt - \alpha = \tau$ (yoki $rt = \tau + \alpha$) belgilash kiritsak

$$V(-r^2 \cos \tau) \sin \tau + 2b V r \cos \tau = Q_0 (\cos \tau \sin \tau + \sin \tau \cos \tau)$$

Xar qanday α - qiymatlarda ham, ya'ni ixtiyoriy vaqt uchun ushbu tenglama qanoatlanishi uchun, uning chap va o'ng tomonlaridagi $\sin \tau$ va $\cos \tau$ larni oldilaridagi o'zgarmas koeffitsientlar o'zaro teng bo'lishlari shart; Demak

$$V(r^2 - k^2) \cos \tau = 2b r V \sin \tau, \quad Q_0 \sin \tau = 2b r V \cos \tau$$

Yuqoridagi ikkala tenglamani (bularndan $\square$ -ning qiymatini aniqlashda ham foydalaniladi) kvadratlarining yig'indilari va ularni bir-birlariga nisbatlari orqali V va $\square$ larning qiymatlarini aniqlaymiz

$$B = \frac{P_0}{\sqrt{(k^2 - p^2) + 4b^2 p^2}}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{2bp}{k^2 - p^2} \quad (12.10)$$

(12.9) tenglamaning x_1 - ($k > b$ bo'lgandagi) yechimi (24.17) da aniqlangan, shunga ko'ra, (12.9) tenglamaning to'liq yechimi, qo'yidagi ko'rinishda bo'ladi

$$xqAe^{-bts} \sin(k_1 t Q \square) QB \sin(rt - \square) \quad (12.11)$$

bu yerdagi A va $\square$ -lar integral doimiylari bo'lib, boshlang'ich shartlar orqali aniqlanadi. V va $\square$ lar esa (12.10) formulada aniqlangan bo'lib, boshlang'ich shartlarga bog'liq emas, ularning bq_0 bo'lgandagi, ya'ni qarshilik kuchi yo'q bo'lgandagi qiymatlari (12.4) va (12.5) formulalarda aniqlangan.

Xulosalar:

1. Moddiy nuqta majburiy holda tebranishni davom etdirishi uchun, unga davriy bo'lgan qo'zg'atuvchi kuch qo'yilgan bo'lishi shart ekan.
2. (12.1) formuladagi r qiymat, davriy qo'zg'atuvchi kuchning chastotasi deb atalar ekan.
3. Agarda muhit qarshiligi yo'q bo'lsa, r -chastotali davriy qo'zg'atuvchi kuch ta'siridagi majburiy tebranma harakatlarning parametrik tenglamasi (12.5) formula orqali ifodalanar ekan.
4. Agarda xususiy chastota - k , qo'zg'atuvchi kuchning chastotasi - r ga teng bo'lsa, ya'ni $r = k$ bo'lsa, rezonans hodisasi ro'y berar ekan.
5. Rezonans hodisasi ro'y berganda, tebranuvchi moddiy nuqtaning amplitudasi cheksiz ravishda ortib ketar ekan.
6. Agarda majburiy tebranma harakat muhit qarshiligi ta'sirda sodir bo'lsa, bunday tebranma harakatning parametrik tenglamasi (12.11) formula orqali ifodalanar ekan.
7. Agarda muhit qarshiligini karakterlovchi koeffitsient $-h > 0,5$ bo'lsa, rezonans hodisasi ro'y bergan holatda ham moddiy nuqtaning amplitudasi ma'lum chegaradan ortib keta olmas ekan.
8. Muhit qarshiligi ta'siridagi majburiy tebranma harakatdagi amplitudaning nisbiy ortishini ifodalovchi qiymat η_{BG} orqali belgilanib, uni dinamiklik koeffitsienti deb atalar ekan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Moddiy nuqta majburiy tebranma harakatlarda ishtirok etishi uchun, qanday shartlar bajarilishi lozim?
2. Muhit qarshiligi yo'q bo'lgan holatdagi majburiy tebranishlarning parametrik tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi.
3. Majburiy tebranishlarda qo'zg'atuvchi kuchning chastotasini qanday ahamiyati bor?
4. Rezonans deganimizda qanday holatni tushunamiz?
5. Rezonans hodisasini oldini olish uchun nimalar qilish lozim?

**”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim
texnologiyasi modeli.
Mavzu 13: Moddiy nuqtaning tebranma harakati.**

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejasi:</i>	Moddiy nuqtaning tebranma harakati. Moddiy nuqtaning to’g’ri chiziqli erkin bir maromdagi (garmonik) tebranma harakati; tebranish amplitudasi, tebranish fazasi, tebranish davri va tebranish takrorligi (chastotasi). Moddiy nuqtaning tezlik birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuch ta’siridagi sunuvchi tebranma harakati; so’nish dekrementi, logarifmik dekrement, nodavriy so’nuvchi harakatlar.
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda tadbqiqini moddiy nuqtaning to’g’ri chiziqli erkin bir maromdagi (garmonik) tebranma harakati; tebranish amplitudasi o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Moddiy nuqtaning tebranma harakati tushunchasini berish - Moddiy nuqtaning tezlik birinchi darajasiga mutanosib qarshilik kuch ta’siridagi sunuvchi tebranma harakati masalasi - Tebranma harakati oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Moddiy nuqtaning tebranma harakati, so’nish dekrementi, logarifmik dekrement; nodavriy so’nuvchi harakatlar olgan tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o’tkazish</i>

13 ma`ruza.

13-Mavzu: Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari **Mavzuning rejasi**

1. Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari. Moddiy nuqtaning harakat miqdori. Kuch impuls.
2. Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema.
3. Moddiy nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema (Momentlar teoremasi).
4. Markaziy kuch ta'siridagi harakat. Yuzalar qonuni
5. Kuchning bajargan ishi. Quvvat.
6. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema

Muammo: Yuqorida ko'rib o'tganimizdek, dinamika masalalarini yechish uchun, albatta, differentsial tenglamalarni yechishga to'g'ri kelar ekan. Lekin tajribalar shuni ko'rsatdiki, ko'p masalalarni yechishda dinamikaning umumiy teoremlarini qo'llash ancha qulayliklar tug'dirar ekan. Dinamika qismida, o'ziga tegishli tayanch qiymatlar mavjud bo'lib, biz quyida o'sha qiymatlarning mazmuni va ularning mohiyati nimadan iborat ekanligini bayon qilamiz.

Bayoni: Dinamikaning umumiy teoremlarining ahamiyati shundaki, ular orqali moddiy jismlarning harakatidagi tegishli dinamik karakteristikalar orasidagi o'zaro bog'lanishlarni yaqqol ko'rsatib beradi, natijada amaliy injenerlik hisoblash ishlarida mexanik sistema harakatiga oid masalalarni yechishda yangi imkoniyatlar yaratib beradi. Undan tashqari, har bir masalani yechishda olib boriladigan ko'p matematik amallarni takroriy ravishda qaytarilmasligini oldini oladi, chunki ushbu teoremlarni isbot qilinishida ular bir marta va batamom bajarilib qo'yiladi; shu sababli ko'p masalalarni yechish soddalashadi.

Qo'yida moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlarini birma-bir ko'rib o'tamiz.

13.1. Nuqtaning harakat miqdori. Kuch impuls

Eng asosiy dinamik karakteristikalardan biri, moddiy nuqtaning harakat miqdori hisoblanadi.

Moddiy nuqtaning harakat miqdori deb, nuqtaning massasini uning tezlik vektoriga ko'paytmasiga teng bo'lgan m - vektor qiymatga aytiladi. Ushbu m -vektorning yo'nalishi, nuqtaning tezlik vektori bilan ustma-ust yotadi, ya'ni traektoriyaga urinma holda harakat tomonga yo'naladi.

Xarakat miqdorining o'lchov birligi SI - sistemasida: $1\text{kg}\cdot\text{mG's}$ yoki $1\text{N}\cdot\text{s}$, MKGSS-sistemasida: $1\text{ kG}\cdot\text{s}$ bo'ladi.

Siz «ustasi farang»-
degan so'zni
eshitganmisiz. Bu
so'zning ma'nosi
nimadnn iborat?

Kuch impuls. Ma'lum vaqt ichida kuchning nuqtaga bo'lgan ta'sirini harakterlash uchun **kuch impuls** degan tushuncha kiritiladi. Avvaliga elementar impuls degan tushuncha kiritamiz.

Kuchning elementar impuls deb, $\vec{F}$ -kuchni *elementar* dt -
vaqtga ko'paytmasidan iborat bo'lgan $\vec{S}$ -vektor qiymatga

aytiladi:

$$d\bar{S} = \bar{F} dt \quad (13.1)$$

Elementar impuls kuchning yo'nalishi bo'yicha yo'naladi. Ixtiyoriy $\bar{F}$ -kuchning tugal t_1 -vaqt ichidagi ta'sirining impulsi $\bar{S}$ - shu kuchning elementar vaqt oraliqlaridagi impulslarining integral yig'indisiga aytiladi, ya'ni

$$\bar{S} = \int_0^{t_1} \bar{F} dt \quad (13.2)$$

Demak, ma'lum t_1 -vaqt oralig'ida kuchning impulsi, elementar impulsning 0 - dan t_1 -vaqt oralig'idagi chegarada olingan aniq integralidan iborat qiymat ekan.

Xozirgi kunda foydalanilayotgan tikuv mashinasini 1850 yilda Amerikalik Isaak Zinger ixtiro etganligini bilasizmi.

Xususiyl holda, agar $\bar{F}$ -kuchning moduli va yo'nalishi o'zgarmas ($\bar{F} = \text{const}$) bo'lsa, u holda $\bar{S} = \bar{F} t_1$ bo'ladi. Tegishlixa uning moduli $S = F t_1$ bo'ladi. Umumiy holda, kuch impulsining moduli uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari orqali aniqlanadi:

$$S_x = \int_0^{t_1} F_x dt \quad S_y = \int_0^{t_1} F_y dt \quad S_z = \int_0^{t_1} F_z dt \quad (13.3)$$

13.2 Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarish teoremasi

Nuqtaning massasi o'zgarmas qiymat ekanligi va uning tezlanishi $\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt}$ bo'lganligi uchun, dinamikaning asosiy qonunini ifodalovchi (19.2) tenglamani qo'yidagicha yozish mumkin

$$\frac{d(m\bar{v})}{dt} = \sum \bar{F}_k \quad (13.4)$$

(13.4) tenglama bir vaqtning o'zida nuqta harakat miqdorining o'zgarishi teoremasini differentsial formasining ifodasidan iborat bo'ladi: *nuqtaning harakat miqdoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila, shu nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning vektor yig'indisiga teng bo'ladi.*

Agar harakatlanayotgan nuqtaning t_0 vaqtdagi tezligi $\bar{v}_0$ va t_1 -vaqtdagi tezligi esa $\bar{v}_1$ bo'lsa, (13.4) tenglamaning ikkala tomonini dt -ga ko'paytirib yuborib, undan aniq chegaralar bo'yicha integrallaylik. Tenglamaning o'ng tomonidagi integralning chegarasi 0 dan t_1 -gacha o'zgaradi, chap tomonidagi integralning chegarasi esa $\bar{v}_0$ -dan $\bar{v}_1$ -gacha o'zgaradi, $d(m\bar{v})$ ning integrali $m\bar{v}$ bo'lgani uchun, natijada

$$m\bar{v}_1 - m\bar{v}_0 = \int_0^{t_1} \bar{F}_k dt$$

ekanligini aniqlaymiz.

Tenglikning o'ng tomonidagi integrallar, (13.2) formulaga asosan nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning impulslaridan iborat bo'ladi. Shuning uchun, ushbu tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$$m\bar{v}_1 - m\bar{v}_0 = \int_0^{t_1} \bar{F}_k dt \quad (13.5)$$

(13.5) tenglama nuqta harakat miqdorining o'zgarish teoremasini tugal formasi deb ataladi: *nuqtaning ma'lum vaqt oralig'i ichidagi harakat miqdorining o'zgarishi shu vaqt oralig'ida nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlar impulslarining yig'indisiga teng ekan.*

Masalalar yechishda vektor ko'rinishdagi (13.5) tenglamaning o'rniga uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalaridan foydalaniladi. (13.5) tenglamani koordinata o'qlarga proektsiyalab, qo'yidagilarni yozamiz:

$$\begin{aligned} m\bar{v}_{1x} - m\bar{v}_{0x} &= \int_0^{t_1} S_{kx} dt \\ m\bar{v}_{1y} - m\bar{v}_{0y} &= \int_0^{t_1} S_{ky} dt \\ m\bar{v}_{1z} - m\bar{v}_{0z} &= \int_0^{t_1} S_{kz} dt \end{aligned} \quad (13.6)$$

Agar nuqta faqat Ox o'qi bo'ylab to'g'ri chiziqli harakat qilsa, u holda ushbu sistemaning faqat birinchi tenglamasidan foydalanish kifoya qiladi.

Masalalar yechish. (13.5) va (13.6) formulalar orqali nuqtaning harakatida uning tezliklarini o'zgarishini bilgan holda, kuchlarning impulslarini aniqlash mumkin yoki impulslar ma'lum bo'lsa nuqtaning tezligi qanday o'zgarishi mumkinligini (dinamikaning ikkinchi qonuni) aniqlash mumkin. Dinamikaning ikkinchi masalasini yechishda berilgan kuchlarning impulslarini aniqlash kerak bo'ladi, lekin (13.2) va (13.3) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, kuch impulslarini faqat kuchlar o'zgarmas bo'lganda yoki ular vaqtga bog'liq holda o'zgargandagina aniqlash mumkin bo'lar ekan xolos.

Shunday qilib, agar masalaning shartida izlanayotgan va berilgan qiymatlar: nuqtaga qo'yilgan kuchlar, nuqtaning harakatida sarflangan vaqti, boshlang'ich va oxirgi tezliklar (ya'ni F , t , v_0 , v) o'zgarmas yoki vaqtga bog'liq holda o'zgaruvchan bo'lsa, bunday masalalar (13.5) va (13.6) tenglamalar orqali yechiladi.

13.1 masala. Massasi $m = 2 \text{ kg}$ bo'lgan moddiy nuqta, $v = 4 \text{ m/s}$ tezlik bilan aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Nuqta aylananing to'rtinchi qismini bosib o'tguncha ketgan vaqt ichidagi kuch impulslari aniqlansin.

ye ch i sh. Xarakat miqdorining o'zgarish teoremasiga asosan $m\bar{v}_1 - m\bar{v}_0 = \int_0^{t_1} \bar{F}_k dt$. Xarakat miqdorlari vektorlarining geometrik ayirmasi (13.1 shakl) ni qurilgan to'g'ri burchakli uchburchak orqali aniqlaymiz,

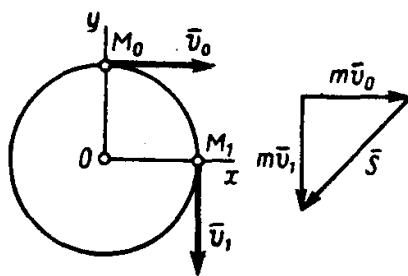
$$S_{qm} \sqrt{v_1^2 + v_0^2}$$

Lekin masalaning shartiga ko'ra $v_0 \perp v_1 \perp v$ bo'lgani uchun,

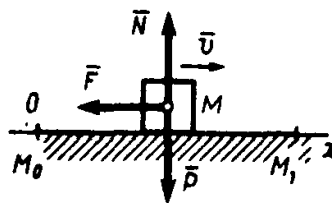
$$S_{qm} \sqrt{2} = 2 \sqrt{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Kuch impulsini analitik hisoblash uchun, (13.6) sistemaning birinchi ikkita tenglamasidan foydalanishimiz mumkin, masalan

$$S_x qm v_0, \quad S_y qm v_1 \quad \text{bularidan} \quad S_q \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = qm \sqrt{v_1^2 + v_0^2} \quad \text{bo'ladi.}$$



13.1 shakl



13.2 shakl

13.2 masala. Gorizontall tekislikdagi massasi m -ga teng bo'lgan yukni turtib yuborish natijasida, unga $\vec{v}_0$ -boshlang'ich tezlik berildi. Yukning keyingi harakati tormozlovchi o'zgarmas $\vec{F}$ -kuch ta'sirida sodir bo'ladi. Yuk to'xtaguncha qancha vaqt o'tishi aniqlansin.

ye ch i sh. Masalaning shartiga ko'ra, yuk to'xtaguncha o'tgan vaqtni aniqlash uchun yuqoridagi teoremani qo'llash mumkin ekan. Yukni ixtiyoriy holatda tasvirlaymiz (13.2 shakl). Yukka og'irlik kuchi $\vec{P}$, tekislikning reaksiyasi $\vec{N}$ va tormozlovchi $\vec{F}$ kuchlar ta'sir etadi. Ox o'qini yukning harakati tomonga yo'naltiramiz va (13.6) tenglamalar sistemasining birinchi tenglamasini qo'yidagicha tuzamiz:

$$m\vec{v}_{1x} - m\vec{v}_{0x} = \int_0^{t_1} \vec{F}_x dt \quad (a)$$

Ushbu masalada $v_{0x} = v_0$ edi va yuk to'xtaganda esa $v_{1x} = 0$ bo'ladi. Nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlardan faqat $\vec{F}$ kuchigina Ox o'qqa proektsiya beradi. Bu kuch o'zgarmas bo'lgani uchun $\int_0^{t_1} F_x dt = F t_1$ bo'ladi, bu yerda t_1 - tormozlanish davri. Ushbu qiymatlarni (a) tenglamaga qo'ysak, $-mv_0 = F t_1$, bundan t_1 -ni aniqlaymiz, ya'ni

$$t_1 = \frac{mv_0}{F} \quad (b)$$

Shunday qilib, tormozlanish vaqti tezlikka proporsional ravishda o'zgarar ekan.

Endi shu masalani, boshqacha shartlarda, ya'ni tormozlovchi kuch Q o'zgaruvchan bo'lib tormozlash boshlangan ondan boshlab vaqtga proporsional ravishda, ya'ni $Q = kt$ ko'rinishda o'zgarsin, k -o'zgarmas koeffitsient bo'lib, yuk to'xtaganda uning qiymati F -ga teng bo'ladi. Kuch vaqtga bog'liq o'zgarganligi uchun, S_x -ni (13.3) formula orqali aniqlab, tormozlash vaqtini ushbu (a) formuladan foydalanib topishimiz mumkin bo'ladi. $Q_x = -kt$ ekanligi uchun

$$S_x = \int_0^{t_1} v_x dt = -\frac{kt^2}{2} \quad \text{bo'ladi.}$$

U holda (a) tenglamadan $mv_0 = \frac{kt_1^2}{2}$ bo'ladi. k -ning qiymatini t_1 bo'lganda $Q = F$ bo'ladi, bundan $kt_1 = \frac{2F}{v_0}$ aniqlaymiz, natijada

$$t_1 = \frac{2mv_0}{F} \quad (v)$$

Demak, bunday kuch ta'sirida tormozlanish vaqti ikki marta ortib ketar ekan.

13.3. Moddiy nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema (Momentlar teoremasi)

Muammo: Yuqoridagi teorema moddiy nuqtaning faqat ilgarilama harakatini harakaterlaydi xolos. Agarda moddiy nuqta birorta o'q yoki nuqta atrofida aylanma harakatda bo'lsa, bunday masalalarni yechish uchun qo'yidagi harakat miqdori momentining o'zgarish teoremasidan foydalanish lozim

Bayoni: Ba'zi (aylanma harakat qiluvchi moddiy nuqtalarning harakatlariga doir) masalalarni yechishda harakatning dinamik harakteristikasi sifatida, harakat miqdori vektori $m\vec{v}$ -ni

Shunday qilib, *moddiy nuqta harakat miqdorining biror O markazga nisbatan momenti deb, $\overline{m}_O(m\bar{v})$ - dan iborat bo'lgan*

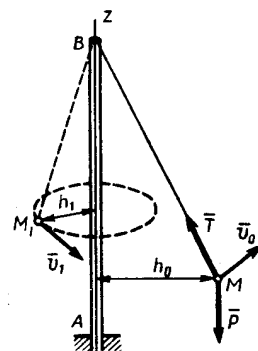
vektor qiymatga aytiladi. Bu yerda $\vec{r}$ - O markazdan harakatlanayotgan nuqtaga o'tkazilgan radius-vektor.

$\bar{m}_O(m\bar{v})$ - vektor, $m\bar{v}$ va O markazdan o'tgan tekislikka perpendikulyar ravishda yo'naladi va $\square \bar{m}_O(m\bar{v}) \square qmv \square h$ (13.3 shakl); solishtirish maqsadida shaklda $\bar{m}_O(\bar{F})_q \bar{r} \square \bar{Q}$ vektor ham tasvirlangan.

Nuqtaning harakat miqdori momentining O markazdan o'tuvchi birorta Oz -o'qqa nisbatan momenti, $\overline{m}_O(m \overline{V})$ - vektorning shu o'qqa bo'lgan proektsiyasidan iborat bo'ladi:

bu yerda $\square$ - Oz o'qi bilan $\overline{m}_o(m\overline{v})$
- vektor orasidagi burchak.

Momentlar teoremasi yordamida $\overline{\mathbf{m}}_0(m\overline{\mathbf{v}})$ - vektorning vaqtga bog'liq ravishda qanday o'zgarishini aniqlash mumkin bo'ladi. Buni isbot qilish uchun (13.7) tenglamadan vaqt bo'yicha bir marta hosila olamiz,



13.4 shakl

Lekin, $\bar{v} \square m \bar{v} q_0$ bo'ladi, chunki bu ko'paytma bir to'g'ri chiziqda yotgan ikkita vektorning vektor ko'paytmasidan iborat. Xamda $m \bar{a} q \bar{F}$ ekanligini e'tiborga olgan holda, bir vaqtni o'zida bir nechta kuchlar ta'sir etsa $\bar{F} q \square \bar{F}_k$ bo'ladi. Shu sababli

Natijada biz ixtiyoriy markazga nisbatan momentlar teoremasini isbot qildik: *nuqtaning birorta qo'zg'almas markazga nisbatan harakat miqdori momentidan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila, shu moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning ushbu markazga nisbatan olingan momentiga teng ekan.*

(13.9) va (13.4) tenglamalarni solishtirib, shuni aniqlaymizki, $m\bar{v}$ va $\bar{F}$ vektorlarning momentlari orasidagi bog'lanish, $m\bar{v}$ va $\bar{F}$ vektorlarning o'zaro bog'lanishi kabi ekan.

(13.9) tenglikning ikkala tomonini qo'zg'almas O markazdan o'tuvchi birorta Oz -o'qqa proektsiyalasak va (13.8) tenglikni e'tiborga olsak,

Ushbu tenglama *o'qqa nisbatan momentlar teoremasining* differentsial formasini ifodalaydi.

(13.9) tenglamadan aniqlandiki, agar $\bar{m}_O(\bar{F})q_0$ bo'lsa, u holda $\bar{m}_O(m\bar{v})q_{const}$ bo'lar ekan, ya'ni: *agar nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning birorta markazga nisbatan momenti nolga teng bo'lsa, harakat miqdorining shu markazga nisbatan olingan momenti o'zgarmas bo'lar ekan*. Bunday natija nuqtaning markaziy kuch ta'siridagi harakatidan iborat amaliy muhim bo'lgan hollar uchun o'rindir (13.4§ ga qarang).

13.3 masala. AV vertikal trubkaning ichidan o'tkazilgan MVA ipga, massasi m bo'lgan M sharcha bog'langan (13.4 shakl). Sharchani trubkaning o'qidan h_0 - masofada ushlab turib unga MVA tekisligiga perpendikulyar bo'lgan gorizontal $\bar{v}_0$ -boshlang'ich tezlik berildi. Shu vaqtdan boshlab ipni asta-sekin trubkaning ichiga torta boshlandi. Sharchaning z -o'qidan h_1 -masofadagi holatida uning v_1 -tezligining qiymati aniqlansin.

ye ch i sh. Sharchaga uning og'irlik kuchi $\bar{P}$ va ipning taranglik kuchi $\bar{T}$ ta'sir etadi. Ikkala kuchlarning ham Oz -o'qiga nisbatan momentlari nolga teng bo'ladi, chunki $\bar{P}$ -kuchi z -o'qiga parallel, $\bar{T}$ -kuchi esa shu o'qni kesib o'tadi. Shu sababli (13.10) tenglamadan

$$\frac{d}{dt}[m_z(m\bar{v})] = 0$$

bundan $m_z(m\bar{v})q_m \square v \square h q_{const}$ bo'ladi. Massa m -o'zgarmas bo'lgani uchun harakat davomida $v_0 h_0 q v_1 h_1$ bo'ladi. Demak,

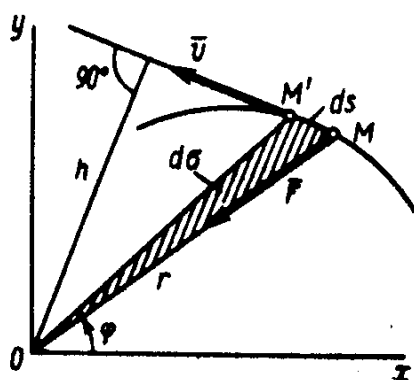
$$v_1 q v_0 h_0 G' h_1$$

bo'ladi. Sharcha aylanish o'qiga yaqinlashgan sari uning tezligi ortib borar ekan.

13.4. Markaziy kuch ta'siridagi harakat. Yuzalar qonuni

Agar kuchning ta'sir chizig'i har doim O markazni kesib o'tsa, bunday kuch *markaziy* deb ataladi. Bunday kuchlarga planetalarning Quyoshga tortilish kuchlari yoki yer yo'ldoshlarining yerga tortilish kuchi misol bo'ladi.

(13.9) tenglamadan foydalanib markaziy $\bar{F}$ kuch ta'siridagi M nuqtaning harakatini o'rganib chiqamiz (13.5 shakl). Bunday kuchlarning O markazga nisbatan momenti nolga teng bo'lgani uchun, ya'ni $\bar{m}_O(\bar{F})q_0$ bo'lgani uchun, $\bar{m}_O(m\bar{v})q\bar{r} \square m\bar{v}q_{const}$ bo'ladi. Xamda massa m -o'zgarmas bo'lgani uchun, $\bar{m}_O(\bar{v})q\bar{r} \square \bar{v}q_{const}$ bo'ladi, ya'ni $\bar{m}_O(\bar{v})$ -vektor ham moduli, ham yo'nalishi bo'yicha o'zgarmas bo'lar ekan. Shuni eslatib o'tish lozimki $\bar{m}_O(\bar{v})q\bar{r} \square \bar{v}$ vektori, har doim $\bar{r}$ va $\bar{v}$ vektorlar joylashgan tekislikka perpendikulyar ravishda yo'nalgan bo'ladi.



13.5 shakl

Shu sababli, agar $\bar{r} \square \bar{v}$ vektorining yo'nalishi har doim o'zgarmas bo'lsa, M nuqtaning radius vektori $\bar{r} q \overline{OM}$ va uning tezligi $\bar{v}$ har doim faqat bir tekislikda yotishlari shart. Bundan xulosa qilib shuni aniqlaymizki, M nuqtaning traektoriyasi bir tekislikda joylashar ekan, ya'ni: *yassi egri chiziqdan*

iborat ekan. Undan tashqari, o'z navbatida $\vec{m}_0(\vec{v}) \cdot \vec{q}v = \text{const}$ bo'ladi.

Oxirgi natija bunday harakat haqida tasviriy geometrik tafsilot beradi. Yuqoridagilarga asosan $dh = dsG'dt$, va $h = ds^2d$, bu yerda d - OMM' elementar uchburchakning yuzasi, shu sababli $dh = dG'dt$. Ushbu $dG'dt$ qiymat, M nuqtaning harakatida OM radius - vektor tomonidan hosil bo'layotgan OMM' elementar uchburchakning yuzasini o'sishini ko'rsatadi va shu sababli uni nuqtaning *sektor tezligi* deb ataladi. Ushbu masalada uning qiymati o'zgarmas bo'ladi:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{1}{2} [m_0(m\vec{v})] = \text{const} \quad (13.11)$$

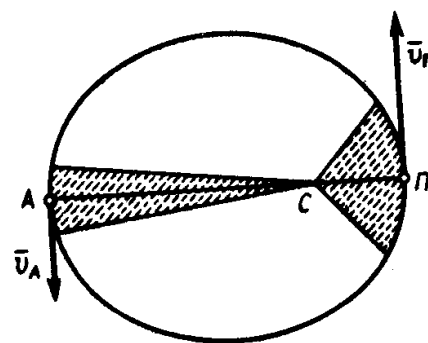
Shunday qilib, *faqat markaziy kuch ta'sir etgan nuqta bir tekislikda yotuvchi egri chiziqli harakatda bo'lib, uning sektor tezligi o'zgarmas bo'lar ekan, ya'ni nuqtaning radius - vektor bir xil vaqt davomida, son qiymati teng bo'lgan yuzalar hosil qiladi* (yuzalar qonuni).

Ushbu qonun, planetalarning va «Er yo'ldoshlari (sputnik)»larning harakatlari uchun asosiy qonuniyat hisoblanib, u *Kepler qonunlaridan* biri hisoblanadi.

Misol. Quyoshning tortilish kuchi ta'sirida harakat qilayotgan planetaning orbitasi ellipsdan iborat bo'lib, Quyosh shu ellipsning bitta fokusida joylashgan bo'ladi (13.5 shakl). Tortilish kuchi markaziy kuch bo'lganligi sababli, planetaning harakatida yuzalar qonuni o'rinli bo'ladi. Shuning uchun orbitaning Quyoshga eng yaqin bo'lgan P nuqtasida (perigeliy) planetaning tezligi v_P - eng katta qiymatga ega bo'ladi. va orbitaning Quyoshdan eng uzoq joylashgan A nuqtasi (afeliy)da planetaning tezligi v_A - eng kichkina qiymatga ega bo'ladi.

Ushbu natija (13.11) tenglamadan kelib chiqib, A va P nuqtalar uchun $v_A \cdot AC \cdot q_{v_P} = PS$ tenglik hosil bo'ladi. Bunday xulosaga 13.5 shaklda ko'rsatilgan punktir orqali shtrixlangan sektorning yuzasi bir xil vaqt davomida bir xil miqdordagi yuzalarni egallaydi (yuzalarning shakli emas, balki ularning son qiyamatlari bir xil bo'ladi, ya'ni shaklan teng emas, balki son qiymati bo'yicha teng yuzalardan iborat bo'ladi); Demak, bir xil vaqt oralig'ida nuqta Quyoshga eng yaqin P joyda, Quyoshga eng uzoq A joydagiga nisbatan ko'proq yo'l bosar ekan.

Xuddi shunday natijalarni yer yo'ldosh («sputnik»)larning harakatlarida ham ko'rish mumkin ekan.



13.5 shakl

13.5. Kuchning bajargan ishi. Quvvat

Jismga qo'yilgan kuch ta'sirida, uning ma'lum ko'chishidagi (harakatidagi) dinamik harakteristikalarini belgilovchi asosiy qiymatlardan biri, bu kuchning bajargan ishi hisoblanadi va u nafaqat mexanikada, hatto, umuman texnikada katta ahamiyatga ega. Avvaliga elementar ish tushunchasini kiritamiz (*shuni eslatib o'tish lozimki, ishni faqat kuch bajaradi, **kuch va siljish (harakat) yo'q joyda ish yo'q**, ya'ni ish o'z-o'zidan bajarilmaydi*).

Moddiy M nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}$ kuchning, shu kuch ta'sirida bajarilgan *elementar ishi* deb

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (13.12)$$

iborat skalyar¹ qiymatga aytiladi. Bu yerda $\vec{F}$ - M nuqtaga ta'sir etayotgan $\vec{F}$ kuchning nuqta harakatining traektoriyasiga urinma M - o'qdagii proektsiyasi (yoki M nuqtaga ta'sir etayotgan $\vec{F}$ kuchning $\vec{v}$ -tezlik yo'nalishiga proektsiyasi); ds - M nuqtaning elementar ko'chishining moduli.

Yuqoridagi ish haqida keltirilgan ifodalar, nuqtaning tezligining modulini o'zgarishiga sababchi bo'lgan ishni bajargan kuch haqidagi tushunchalarga oid xolos. Agar $\vec{F}$ kuchni ikkita F_x va F_n tashkil etuvchilarga ajratib yuborsak, tezlikning modulini faqat F_x - orqaligina o'zgartirish mumkin ekanligini ko'ramiz, chunki $F_x = \frac{d}{dt} \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$. (F_n tashkil etuvchisi esa tezlik $\vec{F}$ -ning yo'nalishini o'zgartiradi, yoki erkin bo'lmagan harakatda jismning bog'lanishiga ko'rsatgan bosim kuchini ifodalaydi).

$F_x = F \cos \alpha$ bo'lgani sababli, (bu yerda α - $\vec{F}$ kuch bilan M_0 - o'q orasidagi burchak) elementar ish uchun (13.12) formula orqali boshqacha ifoda olamiz, ya'ni

$$dA = F \cos \alpha ds \quad (13.13)$$

Agar α - burchak o'tkir bo'lsa, ish musbat bo'ladi, $\alpha = 0$ bo'lsa elementar ish $dA = F ds$ - ga teng bo'ladi.

Agar α - burchak o'tmas bo'lsa, ish manfiy bo'ladi, $\alpha = 180^\circ$ bo'lsa elementar ish $dA = -F ds$ -ga teng bo'ladi.

Agar $\alpha = 90^\circ$ bo'lsa, ya'ni: *kuch harakat yo'nalishiga perpendikulyar bo'lsa, bajarilgan elementar ish nolga teng bo'ladi* ($dA = 0$).

Ishning ishorasini ma'nosi qo'yidagicha: agar kuchning $\vec{F}_\tau$ -tashkil etuvchisi harakat yo'nalishi bo'yicha yo'nalgan bo'lsa, ish musbat bo'ladi (chunki, bunday yo'nalgan kuch harakatni tezlashtiradi); agar kuchning $\vec{F}_R$ - tashkil etuvchisi harakat (tezlikning) yo'nalishiga teskari yo'nalgan bo'lsa, ish manfiy bo'ladi (bunday kuch harakatni sekinlashtiradi);

Agar $d\vec{s} \cdot d\vec{r}$ -ekanligini e'tiborga olsak ($d\vec{F}$ -elementar ko'chish vektori) va vektor algebrasidagi ikkita vektorning skalyar ko'paytmasi haqidagi qoidaga asosan (13.13) formula qo'yidagicha ko'rinishga keladi²

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (13.14)$$

Demak, *elementar ish deb, kuch vektorini elementar ko'chish vektoriga bo'lgan skalyar ko'paytmasiga aytiladi.*

Agar (13.14) formuladagi $\vec{F}$ va $\vec{r}$ vektorlarning skalyar ko'paytmasini ularning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari, ya'ni: r_x, r_y, r_z orqali ifodalasak, *elementar ishning analitik ifodasini* aniqlaymiz,

$$dA = F_x dx + F_y dy + F_z dz \quad (13.15)$$

bu yerda x, y, z -lar $\vec{F}$ -kuchning koordinata o'qlaridagi o'rni.

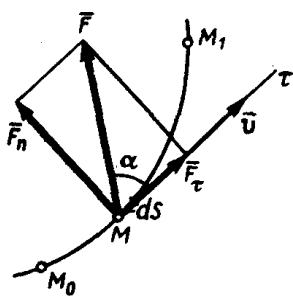
Kuchning ixtiyoriy $M_0 M_1$ tugal ko'chishdagi (13.6 shakl) bajargan ishi tegishli elementar ishlarning integral yig'indilarining chegarasidan iborat bo'ladi,

$$A_{(M_0 M_1)} = \int_{(M_0)}^{(M_1)} \vec{F}_\tau ds \quad (13.16)$$

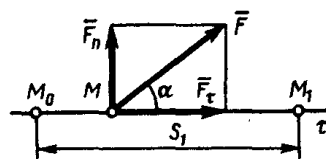
yoki

$$A_{(M_0 M_1)} = \int_{(M_0)}^{(M_1)} (F_x dx + F_y dy + F_z dz) \quad \text{bo'ladi.} \quad (13.16')$$

Demak, *ixtiyoriy $M_0 M_1$ ko'chishdagi kuchning bajarilgan ishi, shu harakat yo'nalishidagi elementar ishlarning integral yig'indisiga teng ekan.* Integralning chegarasi o'zgaruvchilarning M_0 va M_1 -nuqtalaridagi qiymatlaridan iborat bo'ladi (aniqroq qilib aytganda integral $M_0 M_1$ egri chiziq bo'yicha olinadi, ya'ni u egri chiziqli bo'ladi).



13.6 shakl



13.7 shakl

Agar F_n -o'zgarmas bo'lsa ($F_n \neq \text{const}$), u holda M_0M_1 egri chiziqli s_1 orqali belgilasak, (13.16) tenglamadagi integral, qo'yidagicha bo'ladi,

$$A_{(M_0M_1)} = \int_{s_0}^{s_1} F_n ds \quad (13.17)$$

Bunday holat jismga ta'sir etayotgan kuch ham yo'nalishi, ham moduli o'zgarmas va nuqtaning harakati to'g'ri chiziqli bo'lganda o'rinli bo'ladi (13.7 shakl). Ushbu holda $F_n = F \cos \alpha = \text{const}$ bo'ladi va

$$A_{(M_0M_1)} = \int_{s_0}^{s_1} F \cos \alpha ds \quad (13.17')$$

Ishning o'lchov birligi SI sistemasida - 1 djoul ($1 \text{ Dj} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$), MKGSS sistemasida - $1 \text{ kG} \cdot \text{m}$.

Ishni grafik usulda hisoblash. Agar kuch masofaga bog'liq bo'lsa va F -kuchning s -masofaga bog'lanish grafigi ma'lum bo'lsa (13.8 shakl), u holda ishni grafik usulda hisoblash mumkin bo'ladi. Nuqta M_0 holatda bo'lganda, hisob boshidan s_0 -masofada joylashgan bo'lsin, M_1 holatda bo'lganda, hisob boshidan s_1 -masofada joylashgan bo'lsin. U holda integralning geometrik mazmuniga asosan (13.16) formulaga asosan,

$$A_{(M_0M_1)} = \int_{s_0}^{s_1} F_t ds = \sigma$$

bu yerda σ - shtrixlangan figuraning yuzasini (13.8 shakl) masshtab koeffitsientiga ko'paytmasi.

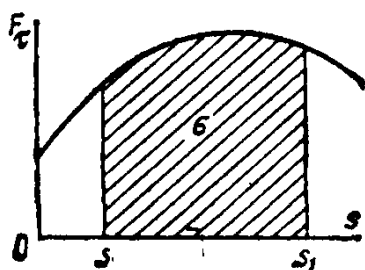
Q u v v a t. Quvvat deb vaqt birligi ichidagi bajarilgan ishga aytiladi. Agar ish bir maromda olib borilsa, u holda quvvat $N = Q/t$, bu yerda t - A ishni bajarishga ketgan vaqt. Umumiy holda, quvvat qo'yidagi formula orqali aniqlanadi,

$$N = dQ/dt = F_t \cdot v \quad (13.18)$$

Demak, quvvat kuchning urinma o'qdag tashkil etuvchisini tezlikka bo'lgan ko'paytmasi iborat ekan.

Quvvatning o'lchov birligi SI vatt ($1 \text{ Vt} = 1 \text{ Dj/s}$), MKGSS sistemasida - Texnikada quvvatning birligi sifatida 736 $\text{kG} \cdot \text{m/s}^2$ ga teng bo'lgan 1 ot kuchi

sistemasida - 1 $\text{kG} \cdot \text{m/s}^2$. Vt yoki (75 ishlatiladi.



13.8 shakl.

Mashinaning bajargan ishini, uning quvvatini vaqtga bo'lgan ko'paytmasi orqali o'lchash mumkin. Shu sababli ishning texnikada foydalaniladigan kilovatt-soat-dan iborat o'lchov birligi paydo bo'ldi ($1 \text{ kVt} \cdot \text{soat} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Dj} = 367100 \text{ kG} \cdot \text{m}$).

$N = F_t \cdot v$ -tenglikdan ko'rinib turibdiki, quvvati N -ga teng bo'lgan dvigatelning qanchalik v -tezligi kam bo'lsa, uning tortish kuchi F_t - shunga teskari proportsional ravishda

katta bo'ladi, yoki aksincha. Shu sababli, qiya balandlikka ko'tarilishda yoki yo'lning yomon (o'ydim-chuqir) joylarida avtomobilni past tezlikka ulanadi, natijada past tezlik evaziga katta tortuvchi kuchi paydo bo'ladi.

13.2. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema.

Muammo: Biz yuqorida harakatdagi moddiy nuqtaning harakat miqdori va harakat miqdori momentini nima sabablarga ko'ra o'zgarishi mumkin ekanligini ko'rib o'tgan edik. Endi dinamikaning muhim qiymatlaridan biri bo'lgan kinetik energiyasining o'zgarishiga nimalar sabab bo'lishi mumkinligi va uni matematik ifodasi qanday ko'rishda bo'lishi haqida fikr yuritamiz.

Xarakatning asosiy dinamik karakteristikalaridan yana biri - kinetik energiya haqidagi tushunchani kiritamiz. *Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi deb, nuqta massasining uning tezligining kvadratiga bo'lgan ko'paytmasini yarmiga teng bo'lgan $\frac{mv^2}{2}$ -dan iborat skalyar qiymatga aytiladi.*

Kinetik energiyahning o'lchov birligi, ishning o'lchov birligi bilan bir xil, ya'ni (SI-da 1 Dj). Shu sababli ular orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz.

Massasi m -ga teng bo'lgan moddiy nuqta M , M_0 holatdan v_0 -tezlik bilan harakat boshlab M_1 holatga v_1 -tezlik bilan yetib kelgan bo'lsin.

Kinetik energiya bilan ish orasidagi bog'lanishni aniqlash uchun, dinamikaning asosiy qonuni $m \vec{a} = \sum \vec{F}_k$ -ga murojaat qilamiz. Ushbu tenglamaning ikkala tomonini harakatning traektoriyasiga urinma bo'lgan o'qqa proektsiyalab, qo'yidagini aniqlaymiz,

$$m a_{\tau} = \sum F_{k\tau}$$

Ushbu tenglikdagi urinma tezlanishni qo'yidagicha yozib olamiz, ya'ni

$$a_{\tau} = \frac{dv}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = v \cdot \frac{dv}{ds} \text{ bo'ladi.}$$

Natijada, yuqoridagi tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi,

$$mv \cdot \frac{dv}{ds} = \sum F_{k\tau}$$

bu tenglikni ikkala tomonini ds -ga ko'paytirib, massa m -o'zgarmas bo'lganligi uchun uni differentsial ostiga olib kiramiz. U holda $F_{k\tau} ds = dA_k$ va bu yerdagi $dA_k = \vec{F}_1 \cdot d\vec{s}$ kuchning bajargan elementar ishi ekanligini e'tiborga olsak, nuqtaning kinetik energiyasini o'zgarishi haqidagi teoremani differentsial ko'rinishini ifodalovchi formulani olamiz:

$$d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = \sum dA_k \quad (22.5)$$

Ushbu tenglikning ikkala tomonini nuqtaning M_0 va M_1 holatlaridagi o'zgaruvchilarning chegaralari bo'yicha integrallab, oxirgi natijani olamiz,

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_{(M_0 M_1)} \quad (22.6)$$

(22.6) tenglama, nuqtaning kinetik energiyasini o'zgarishi haqidagi teoremaning tugal ko'chishdagi ko'rinishini ifodalovchi formuladan iborat ekan, ya'ni: *nuqtaning ma'lum ko'chishdagi kinetik energiyasining o'zgarishi, shu ko'chishda nuqtaga ta'sir etgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.*

Erkinmas jismning harakati. Agar nuqta bog'lanishli bo'lsa, ya'ni erkinmas harakatda bo'lsa, u holda (22.6) tenglamaning o'ng tomoniga $\bar{F}_k^a$ -aktiv (berilgan) kuchlarning bajargan ishlaridan tashqari, qo'shimcha ravishda bog'lanishlarning reaksiyalarini bajargan ishlari ham kiradi. Xozircha nuqta faqat silliq (ishqalanishsiz) tekislik yoki egri chiziq bo'ylab, harakatlanmoqda deb faraz qilaylik. U holda (22.3 shakl), $\bar{N}$ -kuchi tekislikka yoki traektoriyaga normal o'q bo'ylab yo'naladi, natijada $N_{\perp} = 0$ bo'ladi. Shu sababli (21.16) formulaga asosan nuqtaning qo'zg'almas silliq tekislik (yoki egri chiziq) bo'yicha har qanday harakatida reaksiya kuchlarining bajargan ishlari nolga teng bo'ladi va (22.6) formuladan qo'yidagini yozamiz,

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_{(M_0 M_1)}^a \quad (22.6')$$

Demak, nuqtaning qo'zg'almas silliq tekislik (yoki egri chiziq) bo'ylab qilgan harakatidagi kinetik energiyahning o'zgarishi, faqat shu nuqtaga qo'yilgan *aktiv* kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Agar tekislik (egri chiziq) g'adir-budir bo'lsa, u holda aktiv kuchlarning bajargan ishlari qatoriga ishqalanish kuchining bajargan (22.1 § -ga qarang) ishini ham qo'shish lozim bo'ladi. Agar, nuqta harakat qilayotgan tekislik (egri chiziq) ham qo'zg'aluvchan bo'lsa, M nuqtaning absolyut ko'chishi $\bar{N}$ -ga perpendikulyar bo'lmaydi, natijada $\bar{N}$ -reaksiya kuchining ishi (masalan, lift platformasining reaksiya kuchining ishi) nolga teng bo'lmaydi.

Xulosalar:

1. Moddiy nuqta dinamikasining muhim karakteristikalaridan biri, harakatdagi moddiy nuqtaning harakat miqdori hissoblanar ekan. Xarakat miqdori vektor qiymat bo'lib, moddiy nuqtaning massasini, uning tezlik vektoriga bo'lgan ko'paytmasiga aytilar ekan.
2. Moddiy nuqta harakatining yana bir muhim karakteristikalaridan biri, shu harakatlanayotgan moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlarning impulsi hisoblanar ekan. Kuch impulsi vektor qiymat bo'lib, kuchning yo'nalishida yotadi. Agar shu harakatlanayotgan moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlar vaqtga bog'liq ravishda o'zgaruvchan bo'lsa, shu kuchning ma'lumvaqt oralig'idagi impulsi (13.3) formula orqali aniqlanar ekan.
3. Xarakatlanayotgan moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuch, nuqtaning harakat miqdorini tegishli ravishda o'zgartirar ekan. Moddiy nuqtaning harakat miqdorini qanchaga o'zgarishini (13.6) formula orqali hisoblash mumkin ekan.
4. Agarda moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, nuqtaning harakat miqdori o'zgarmas ekan. Bunday holatni, moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni deb atalar ekan.
5. Agar moddiy nuqta aylanma harakatda ishtirok etayotgan bo'lsa, uning harakatini harakterlovchi qiymatni, harakat miqdorining momenti orqali

ifodalanadi. Xarakat miqdorining momenti vektor qiymat bo'lib, nuqtaning radius vektorini uning harakat miqdori vektoriga bo'lgan vektor ko'paytmasiga aytilar ekan.

6. Aylanma harakatdagi moddiy nuqtaning aylanma harakatini o'zgarishiga asosiy sabab, shu nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan olingan momentining o'zgarishi ekan. Ushbu holatni aniqlab beruvchi (13.10) formulani, momentlar teoremasi deb atalar ekan.
7. Agarda, birorta o'q yoki nuqta atrofida aylanayotgan moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlarning shu o'qqa nisbatan momentlarining vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, uning harakat miqdorining momenti o'zgarmas ekan. Bunday holatni moddiy nuqtaning harakat miqdori momentini saqlanish qonuni deb atalar ekan.
8. Dinamika qismining muhim qiymatlaridan yana biri ish va quvvat hisobladi. Ish va quvvatni shu nuqtaga qo'yilgan kuchlar bajaradi. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar, uni ma'lum masofaga ko'chirishda, tegishli miqdorda ish bajaradi. Ish skalyar qiymat bo'lib, uning miqdorini (13.16) formula orqali hisoblanar ekan.
9. Agar moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar vaqtga yoki nuqtaning tezligiga bog'liq ravishda o'zgarsa, (13.16) formula orqali, uning bajargan ishini hisoblash mumkin emas.
10. Quvvat deb, vaqt birligi ichida bajarilgan ishga aytilar ekan. Ikkita kuch bir xil ishni bajarsa-yu, lekin bu ishlarni bajarishga sarflangan vaqtlari turlicha bo'lsa, qaysi kuch shu ishni tezroq bajargan bo'lsa, o'sha kuch quvvatliroq deb hisoblanar ekan.
11. Quvvat ham skalyar qiymat bo'lib, uning son qiymati (moduli)ni (13.18) formula yordamida hisoblanar ekan.
12. Og'irlik kuchining bajargan ishini hisoblashda, moddiy nuqtaning qaysi traektoriya bo'yicha pastga tushayotgani yoki yuqoriga ko'tarilayotganini e'tiborga olinmaslik lozim ekan. Faqat oldingi va keyingi balandliklarning farqini og'irlik kuchiga ko'paytirish kifoya ekan.
13. Elastiklik kuchining bajargan ishini hisoblashda, jismning deformatsiyalanish miqdorining kvadratiga proporsional ravishda, ya'ni (22.2) formula orqali hisoblanar ekan.
14. Ishqalanish kuchining bajargan ishi har doim manfiy bo'lib, ishqalanish kuchini shu yo'nalishdagi ko'chishga bo'lgan ko'paytmasiga teng bo'lar ekan.
15. Tortilish kuchining bajargan ishi (22.4) formula orqali hisoblanar ekan.
16. Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi, shu nuqtaga qo'yilgan kuchlarning bajargan ishlariga bog'liq ravishda o'zgarar ekan. Agar bajarilgan ish musbat bo'lsa, kinetik energiya ortadi, agar bajarilgan ish manfiy bo'lsa, kinetik energiya kamayib borar ekan.
17. Agarda moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning bajargan ishlarini yig'indisi nolga teng bo'lsa, nuqtaning kinetik energiyasi o'zgarmas bo'lar ekan.

Takrorlash uchun savollar:

2. Moddiy nuqtaning harakat miqdori deb nimaga aytiladi?
3. Kuch impulsi nima va uni qanday hisoblanadi?
4. Moddiy nuqtaning harakat miqdori bilan shu nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlarning impulsleri orasidagi matematik bog'lanishni aytib bering?
5. Moddiy nuqtaning harakat miqdorini saqlash uchun qanday shart bajarilishi lozim?
6. Moddiy nuqtaning harakat miqdori momenti deb nimaga aytiladi?
7. Xarakat miqdori momentini o'zgartirish uchun qanday shartlar bajarilishi lozim?
8. Xarakat miqdori momentini o'zgarmas holda saqlash uchun, nimalar bajarilishi lozim?

9. Ishni bajarish uchun nimalar sodir bo'lishi shart?
10. Ish, skalyar qiymatmi yoki vektor qiymatmi?
11. Kuch vaqtga va tezlikka bog'liq ravishda o'zgarsa, bajarilgan ishni (13.16) formula orqali hisoblash mumkinmi?
12. Quvvat nimani bildiradi?
13. Ikki xil kuch bir xil ishni bajarsa, ularni qanday farqlash mumkin?
14. Elementar ish deb nimaga aytiladi?
15. Agar kuch vektor ko'rinishda berilganda, ishni qanday hisoblanadi?
16. Og'irlik kuchining bajargan ishi nuqtaning traektoriyasiga bog'liq bo'ladimi?
17. Elastiklik kuchining bajargan ishi, nuqtaning traektoriyasiga bog'liq bo'ladimi?
18. Tortilish kuchining bajargan ishi qanday hisoblanadi?
19. Nuqtaning tugal ko'chishidagi bajarilgan ishni qaysi formula orqali hisoblanadi?
20. Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi deb qanday kattalikka aytiladi?
21. Moddiy nuqtaning kinetik energiyasini o'zgartirish uchun nimalar bo'lishi lozim?
22. Qaysi hollarda moddiy nuqtaning kinetik energiyasi o'zgarasdan qoladi?
23. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuch vaqtga bog'liq ravishda o'zgaradigan bo'lsa, o'sha kuchning bajargan ishini hisoblash mumkinmi?
24. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuch tezlikka bog'liq ravishda o'zgaradigan bo'lsa, o'sha kuchning bajargan ishini hisoblash mumkinmi?

"Nazariy mexanika" o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 14: Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza
<i>Ma ruza rejasi:</i>	Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati; tepkili tebranishlar; rezonans. Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda majburiy tebranma harakati, rezonans, qarshilik kuchining ta'sirini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati tushunchasini berish - Tebranishlar masalasi - Majburiy tebranma harakati oid	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Moddiy nuqtaning majburiy tebranishiga qarshilik kuchining ta'siri. olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.

amaliy ko'nikmalar	
Ta'lim usullari	Ma'ruza ,aqliy xujum, muammoli vaziyatlar
Ta'lim shakli	Guruhlarda ishlash
Ta'lim vositalari	Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar
Ta'lim berish sharoiti	Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.
Monitoring va baxolash.	Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar 14 ma'ruza

Mavzu: Mexanik sistema va uning harakatining differentsial tenglamasi.

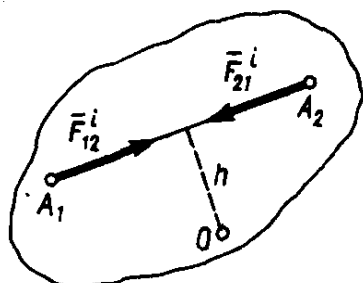
Mavzuning rejasi Mexanik sistema. Ichki va tashqi kuchlar sistemasi.

1. Sistemaning massasi, massalar markazi.
2. Mexanik sistema harakatining differentsial tenglamasi.
3. Massa markazi harakatining o'zgarishi haqidagi teorema.
4. Massalar markazining harakatini saqlanish qonuni.
5. Masalalar yechish.

14.1.Mexanik sistema. Tashqi va ichki kuchlar

Muammo: Yuqorida biz ko'rib o'tgan mexanik harakatlar bitta moddiy nuqta uchun o'rinli hisoblanadi. Aslida esa, texnikada uchraydigan turli xil mashina va jihozlar bir nechta moddiy nuqtalarning birikmalaridan iborat bo'ladi. Xar qanday mashina, inshoot yoki korxona jihozlari mexanik sistemaga misol bo'la oladi. Lekin, moddiy nuqtalar uchun o'rinli bo'lgan qonun qoidalar har vaqt ham mexanik sistemalar uchun o'rinli bo'lavermaydi. Shu sababli, quyida mexanik sistemalarning o'ziga xos bo'lgan qonun va qoidalarni ko'rib o'tamiz.

Xarakati (yoki muvozanat holati) tekshirilayotgan moddiy nuqtalar yoki jismlar sistemasini, **mexanik sistema** deb ataladi. Agar mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqta (jism)larning o'zaro ta'sirlari mavjud bo'lsa, u holda har bir nuqta (jism)ning holati, qolgan barcha nuqta (jism)larning holatiga uzviy bog'liq bo'ladi. Bunga klassik misol tarzida quyosh sistemasini olishimiz mumkin bo'lib, undagi barcha jismlar (Quyosh, planetalar va kometalar) o'zaro tortilish kuchlari orqali bog'langanlar. Mexanik



sistemaga ta'sir etuvchi $\vec{F}_k^a$ -aktiv kuchlar va $\vec{N}_k$ -reaktsiya kuchlarini, $\vec{F}_k^e$ -tashqi va $\vec{F}_k^i$ -ichki kuchlarga

ajratib yuboramiz (bu yerdagi e - exterior, ya'ni tashqi va i -interior, ya'ni ichki so'zlarning birinchi harflaridan iborat). Berilgan mexanik sistemaga kirmagan jismlarning sistema nuqtalariga bo'lgan ta'sir kuchlari, *tashqi* kuchlar deb ataladi. Sistemani tashkil etuvchi nuqta yoki jismlarning o'zaro ta'sir kuchlari *ichki* kuchlar deb ataladi. Bunday ajratishlik shartli bo'lib, mexanik sistemani tanlab olishimizga bog'liq bo'ladi. Masalan, agar Quyosh sistemasini tanlab olsak, u holda yer bilan Quyoshning o'zaro tortilish kuchlari ichki kuchlar hisoblanadi; agar yer bilan Oyni bitta sistema deb qabul qilsak, Quyoshning tortilish kuchi endi tashqi kuch hisoblanadi.

Ichki kuchlar qo'yidagi xossalarga ega bo'ladilar:

1. *Mexanik sistemaning barcha ichki kuchlarining geometrik yig'indisi (bosh vektori) nolga teng bo'ladi.* Dinamikaning uchinchi qonuniga asosan, ixtiyoriy olingan ikkita nuqtaning (14.1 shakl) o'zaro ta'sir va aks ta'sir kuchlari, bir to'g'ri chiziqda yotib, son qiymatlari teng, yo'nalishlari esa qarama-qarshi bo'ladi, shu sababli $\vec{F}_{12}^i, \vec{F}_{21}^i$ -larning geometrik yig'indisi nolga teng bo'ladi. Xuddi shunday natijani ixtiyoriy olingan har bir ikkita nuqta uchun yozishimiz mumkin, demak

$$\sum \vec{F}_k^i = 0$$

2. *Mexanik sistemaning barcha ichki kuchlarining ixtiyoriy markazga yoki o'qqa nisbatan olingan momentlarining yig'indisi (bosh momenti) nolga teng bo'ladi.* Xaqiqatdan ham, 14.1 shakldan ko'rinib turibdiki, agar ixtiyoriy olingan O nuqtaga nisbatan momentlarning yig'indisi $m_O(\vec{F}_{12}^i) + m_O(\vec{F}_{21}^i) = 0$ bo'ladi. Xuddi shunday natijani ixtiyoriy o'qqa nisbatan olingan momentlar uchun ham isbot qilish mumkin, shu sababli mexanik sistema uchun,

$$\sum \vec{m}_O(\vec{F}_k^i) = 0 \quad \text{yoki} \quad \sum \vec{m}_x(\vec{F}_k^i) = 0$$

Lekin yuqoridagilarga asosan, ichki kuchlar o'zaro muvozanatlashib, mexanik sistemaning harakatiga ta'sir qilmas ekan deb hisoblamaslik lozim, chunki bu kuchlar sistemaning turli nuqtalariga qo'yilgan bo'lib, shu nuqtalarning nisbiy harakatlariga ta'sir qilishi mumkin. Agar sistema absolyut qattiq jismdan iborat bo'lsa, u holda ichki kuchlarning yig'indisi o'zaro muvozanatlashgan bo'ladi.

14.2. Sistemaning massasi. Massalar markazi

Mexanik sistemaning harakati, unga ta'sir etuvchi kuchlardan tashqari, sistemaning umumiy massasi va massalarning qanday tarqalganligiga ham bog'liq bo'ladi. *Sistemaning massasi* (M yoki m -harflari orqali ifodalanadi), *sistemani tashkil etuvchi nuqtalar yoki jismlarning massalarini arifmetik yig'indisiga teng bo'ladi*:

$$M = \sum m_k$$

Massalarning tarqalganligi, sistemaning har bir nuqtasining massasi m_k va shu massalarning o'zaro qanday joylashgan ekanligiga, ya'ni ularning x_k, y_k, z_k koordinatalariga bog'liq holda aniqlanadi. Lekin biz quyida ko'rib o'tadigan dinamikaga oid, aniqrog'i qattiq jism dinamikasiga oid masalalarni yechishda, har bir nuqtaning massasi m_k va ularning koordinatalari x_k, y_k, z_k orqali emas, balki ularni harakterlovchi umumiy ifodalar orqali amalga oshiriladi.

Ulardan biri, *massalar markazining koordinatasi* (sistema nuqtalari massalarining, ularning koordinatalariga ko'paytmalarining yig'indisi orqali ifodalanadi); ikkinchisi, *o'qqa nisbatan inertsia momentlari* (sistema nuqtalari massalarining, ularning ikkitadan iborat

koordinatalari kvadratlariga ko'paytmalarining yig'indisi orqali ifodalanadi); uchinchi, *markazdan qochma inertsia momentlari* (sistema nuqtalari massalarining, ularning ikkita koordinatalariga ko'paytmalarining yig'indisi orqali ifodalanadi). Ushbu bobda, shu harakteristikalarni aniqlash bilan shug'ullanamiz.

M a s s a l a r m a r k a z i. Bir jinsli og'irlik kuchi maydonida, ya'ni $g = \text{const}$ bo'lganda, har bir zarrachaning og'irligi uning massasiga proporsional bo'ladi. Shu sababli, sistema massalarining qanday tarqalganligini uning massa markazi orqali aniqlanadi. Statika qismidagi og'irlik markazini aniqlashga oid bo'lgan formulani, ularning massalari orqali ifodalanadigan ko'rinishga keltiramiz. Buning uchun, o'sha formuladagi $r_k m_k g$ va $R_Q M g$ lar orqali ifodalaymiz va tenglikni g -ga qisqartirib yuborsak,

$$x_c = \frac{1}{M} \sum m_k x_k, \quad y_c = \frac{1}{M} \sum m_k y_k, \quad z_c = \frac{1}{M} \sum m_k z_k, \quad (14.1)$$

Olingan formulalarda, moddiy nuqta (zarracha)larni massalari m_k va shu nuqtalarning x_k, y_k, z_k koordinatalari ishtirok etmoqda. Shu sababli, agar m_k, x_k, y_k, z_k lar sistema nuqtalarining massalari va ularning koordinatalaridan iborat bo'lsa, haqiqatdan ham $S(x_s, y_s, z_s)$ nuqtaning holati (o'rni) har qanday jism yoki mexanik sistemaning massalarini tarqalishini harakterlab beradi.

Koordinatasi (14.1) formula orqali aniqlanadigan S nuqtaning geometrik o'rni, massalar markazi yoki mexanik sistemaning inertsia markazi deb ataladi.

Agar, massa markazini uning radius - vektori $\vec{r}_c$ orqali ifodalansa, u holda (14.1) formuladan $\vec{r}_c$ -ni aniqlash formulasini yozamiz

$$\vec{r}_c = \frac{1}{M} \sum m_k \vec{r}_k, \quad (14.1')$$

bu yerdagi $\vec{r}_k$ - sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning radius-vektorlari.

Yuqorida aniqlangan natijalarga asosan, shuni ta'kidlab o'tish lozim ekanki, bir jinsli og'irlik kuchi maydonidagi qattiq jismning og'irlik markazi va massalar markazining o'rni bir joyda bo'lar ekan. Lekin, massalar markazi og'irlik markazidan mazmunan farqli bo'lib, u o'zining o'rnini har qanday kuch maydonida (masalan, markaziy tortilish maydonida) ham saqlab qoladi va massalarni tarqalganlik harakteristikasi faqat qattiq jism uchungina o'rinli bo'lib qolmasdan, ixtiyoriy mexanik sistema uchun ham o'rinlidir.

14.3. Mexanik sistema harakatining differentsial tenglamalari

N-ta moddiy nuqtalardan tashkil topgan, mexanik sistemani olib ko'ramiz va unda ixtiyoriy m_k -massali nuqtani ajratib olamiz. Shu moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi barcha tashqi (aktiv va

reaktsiya) kuchlarning teng ta'sir etuvchisini $\vec{F}_k^e$ - bilan, ichki kuchlarning teng ta'sir

etuvchisini esa $\vec{F}_k^i$ -bilan belgilaymiz. Agar moddiy nuqtaning shu kuchlar ta'siridagi

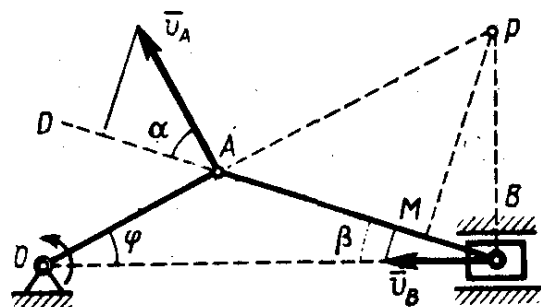
tezlanishi $\vec{a}_k$ - bo'lsa, dinamikaning asosiy qonuniga ko'ra $m_k \vec{a}_k = \vec{F}_k^e + \vec{F}_k^i$ bo'ladi. Xuddi shunday natijalarni har bir nuqta uchun yozishimiz mumkin. Demak, butun mexanik sistema uchun, shunday tenglamalarni yozib chiqsak,

$$\left. \begin{aligned} m_1 \bar{a}_1 &= \bar{F}_1^e + \bar{F}_1^i \\ m_2 \bar{a}_2 &= \bar{F}_2^e + \bar{F}_2^i \\ &\dots\dots\dots \\ m_n \bar{a}_n &= \bar{F}_n^e + \bar{F}_n^i \end{aligned} \right\} \quad (14.2)$$

(14.2) tenglamalar, *mexanik sistema harakatining vektor formadagi differentsial tenglamalari deb ataladi* (bu yerdagi $\bar{a}_k = \bar{v}'_k = \bar{r}''_k$). Ushbu tenglamalarning o'ng tomonidagi kuchlar, umumiy holda vaqtga, sistema nuqtalarining koordinatalariga va ularning tezliklariga bog'liq ravishda o'zgaruvchi qiymatlar bo'lishlari mumkin.

(14.2) tengliklarni birorta koordinata o'qlariga proektsiyalasak, sistema harakatining shu o'qdagi differentsial tenglamasini olamiz.

Mexanik sistema dinamikasining asosiy qonunini to'liq yechimini olish uchun, berilgan kuchlar va ularga qo'yilgan bog'lanishlar ma'lum bo'lsa, tegishli differentsial tenglamalarni integrallash orqali sistemaning har bir nuqtasining harakat qonunini aniqlashdan iborat bo'ladi. Bunday masalaning analitik yechimini aniqlash ayrim hollardagina amalga oshirilishi mumkin, nuqtalar soni ko'p bo'lsa yoki tenglamalar murakkab bo'lgan hollarda ular kompyuterlar yordamida yechiladi.



14.2 a shakl

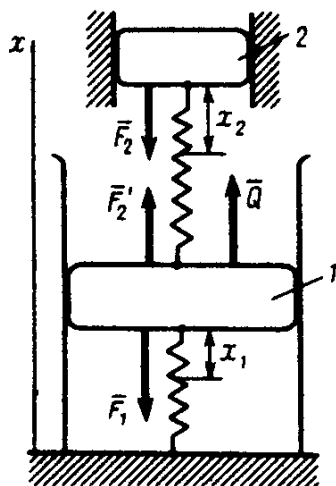
Lekin aksariyat konkret masalalarni yechishda, sistemaning ayrim nuqtalarining harakat qonunlarini aniqlash talab etilmaydi, balki butun mexanik sistemaning umumiy karakteristikalarini aniqlash bilan kifoyalaniladi. Masalan, krivoship-shatunli mexanizmning unga qo'yilgan kuchlar ta'siridagi (14.2, a shakl) harakatini aniqlash uchun, krivoshipning aylanish qonunini aniqlash kifoya qiladi, ya'ni burilish burchagi φ -ning vaqt t -ga bog'liq

funktsiyasini aniqlash kifoya qiladi.

Amalda, bunday yechimlarni aniqlash uchun (14.2) formuladan foydalanilmaydi, balki dinamikada ishlab chiqilgan boshqa usullardan foydalaniladi. Bular qatoriga, injenerlik amaliyotida keng qo'llaniladigan *sistema dinamikasining umumiy teoremlari* kiradi. Bu usullar asosan (14.2) formula orqali keltirib chiqilgan bo'lib ushbu va keyingi uchta boblarda ko'rib chiqiladi.

Lekin, biz hozir sistemaning differentsial tenglamalari orqali, izlanayotgan natijaning bevosita effektiv yechimini aniqlashga oid masalani ko'rib chiqamiz.

Masala. Tebranishlarni dinamik so'ndirgichi. Prujinaga mahkamlangan 1-yuk, x -o'qidagi proektsiyasi $Q_x \sin \alpha$ bo'lgan qo'zg'atuvchi $\bar{Q}$ -kuch ta'sirida majburiy tebranma harakat qilmoqda (24.1 § ga qarang).



14.2 shakl

Ushbu tebranishlarni so'ndirish uchun 1 - yukka qattiqligi s_2 -bo'lgan prujina orqali massasi m_2 -bo'lgan yuk ulangan bo'lsa, shu 2-yukning va 2-prujinaning harakteristikalari aniqlansin (14.2 shakl).

Yechish. Vertikal bo'yicha yuqoriga qaratib x -o'qini o'tkazamiz va yuklarning statik muvozanat holatidan boshlab, ularning x_1 va x_2 -koordinatalarini aniqlaymiz. U holda og'irlik kuchi, elastiklik kuchlari $F_{1st} = m_1 g$ va $F_{2st} = m_2 g$ bilan muvozanatlashadi va ular harakat tenglamasi (24.1§ dagi 24.1 masala)dan chiqarib tashlanadi. Elastiklik kuchlarining hisobga olinadigan qismlari esa, prujinalarning statik muvozanat holatiga nisbatan uzayishlariga proporsional bo'ladi. Uzayishlar tegishli ravishda $c_1 x_1$ va $c_2 x_2$ bo'ladi va 2-yukka F_2 - elastiklik kuchi, 1 -yukka esa F_2 elastiklik kuchi F_1 -

va qo'zg'atuvchi Q kuchlari ta'sir etmoqda. Natijada, yukning harakatini qo'yidagi differentsial tenglamasini tuzamiz,

$$m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 - c_2 (x_2 - x_1) = Q \sin \tau t, \quad m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (x_2 - x_1) = 0$$

1-yuk tebranishining so'nishi uchun, $x_1 = 0$ bo'lishi shart. U holda

$$c_2 x_2 = Q \sin \tau t \quad \text{va} \quad m_2 \ddot{x}_2 + c_2 x_2 = 0$$

Birinchi tenglamadan, $x_2 = (Q/c_2) \sin \tau t$ va $\ddot{x}_2 = (Q/c_2) \tau^2 \sin \tau t$ bo'ladi. Bularni ikkinchi tenglamaga qo'ysak, natijada

$$m_2 \tau^2 Q/c_2 = 0$$

ekanligini aniqlaymiz. Ushbu tenglik, majburiy tebranishlar ta'siridagi 1-yukning tebranishlarini so'ndiruvchi shartdan iborat bo'lib, m_2 yoki c_2 -qiymatlardan birini tanlab olinadi, ikkinchisi esa shu tenglama orqali aniqlanadi. Albatta, 2-yukning massasi m_2 ni kichikroq olish maqulroq hisoblanadi, lekin berilgan r -ga bog'liq holda s_2 -ning qiymati ham kichkina bo'lib qoladi, bu esa o'z o'rnida 2-yukning amplitudasi $Q_0 G' c_2$ -ning kattalashib ketishiga, ya'ni salbiy (yomon) oqibatlarga olib kelishi mumkin

14.4. Massalar markazining harakati haqidagi teorema.

Ayrim hollarda, mexanik sistema (ayniqsa, qattiq jism) harakatining harakterini aniqlash uchun, uning massalar markazining harakatini aniqlash lozim bo'ladi.

Ushbu qonuniyatni aniqlash uchun, (14.2) differentsial tenglamalar sistemasini o'ng va chap tomonlarini hadma-had qo'shamiz. Natijada

$$\sum m_k \ddot{\mathbf{r}}_k = \sum \mathbf{F}_k^e + \sum \mathbf{F}_k^i \quad (14.3)$$

Tenglamaning chap tarafiga o'zgartirishlar kiritamiz. Radius-vektor uchun (14.1') formuladan massa markazini aniqlaymiz

$$\sum m_k \mathbf{r}_k = M \mathbf{r}_s$$

Tenglikning ikkala tomonidan vaqt bo'yicha ikki marta hosila olsak va yig'indining hosilasi hosilalarning yig'indisiga teng ekanligi sababli

$$\sum m_k \frac{d^2 \mathbf{r}_k}{dt^2} = M \frac{d^2 \mathbf{r}_s}{dt^2}$$

yoki

$$\sum m_k \bar{a}_k = M \bar{a}_c \quad (14.4)$$

bu yerdagi $\bar{a}_s$ - massalar markazining tezlanishi. Ichki kuchlarning xossasiga asosan $\square \bar{F}_k^i$ q0 bo'ladi, natijada (14.4) e'tiborga olsak (14.3) tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$$M \bar{a}_c = \sum \bar{F}_k^e \quad (14.5)$$

(14.5) tenglama sistema massalarining markazini harakati haqidagi teoremani ifodalaydi: *sistemaning massasini uning massa markazini tezlanishiga ko'paytmasi, sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisiga teng ekan.*

(14.5) tenglamani moddiy nuqtaning harakatini differentsial tenglamasi [19.2§ dagi (19.2) formula] bilan solishtirish natijasida, ushbu teoremaning boshqacha ifodasini aniqlaymiz: *sistemaning massalari markazi, massasi sistemaning massasiga teng bo'lgan va sistemaga qo'yilgan barcha tashqi kuchlar ta'siridagi moddiy nuqta kabi harakatda bo'lar ekan.*

(14.5) tenglikning ikkala tomonini koordinata o'qlariga proektsiyalasak

$$Mx_c'' = \sum F_{kx}^e, \quad My_c'' = \sum F_{ky}^e, \quad Mz_c'' = \sum F_{kz}^e, \quad (14.5')$$

Ushbu tenglamalar, *massa markazi harakatining differentsial tenglamasini* dekart koordinata o'qlaridagi proektsiyalaridan iborat.

Yuqorida isbot qilingan teoremaning mohiyati qo'yidagicha:

1. Teorema nuqta dinamikasining usullariga asos bo'lib xizmat qiladi. (14.5') tenglamalardan ko'rinib turibdiki, jismni moddiy nuqta deb hisoblab, ushbu tenglamalarni yechish natijasida shu jismning massa markazini harakatini aniqlar ekanmiz, ya'ni muhim (konkret) mazmunga ega ekan.

Xususiy holda, agar jism ilgarilanma harakatda bo'lsa, massa markazining harakati jismning harakatini to'liq ravishda ifodalaydi. Shunday qilib, *ilgarilanma harakatdagi qattiq jismni, massasi sistemaning massasiga teng bo'lgan moddiy nuqta deb hisoblash mumkin ekan.* Jismning harakatini uning massa markazini holatini bilish kifoya qilgan hollarda yoki masalaning shartiga ko'ra aylanma harakatni e'tiborga olinmaydigan hollarda ham, jismni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin bo'ladi.

2. Ushbu teorema orqali, bizga noma'lum bo'lgan ichki kuchlarni e'tiborga olmagan holda massa markazinnng harakatini aniqlash mumkin ekan. Teoremaning amaliy mohiyati shulardan iborat.

14.5. Massalar markazining harakatini saqlanish qonuni

Massalar markazining harakati haqidagi teoremadan qo'yidagi xulosalar kelib chiqadi:

1. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lsin

$$\sum \bar{F}_k^e = 0$$

U holda (14.5) tenglamaga asosan $\bar{a}_s$ q0 yoki $\bar{v}_s$ q const bo'ladi.

Demak, *agar sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lsa, sistema massa markazining tezligini son qiymati va yo'nalishi o'zgarmas bo'lar ekan, ya'ni tekis va to'g'ri chiziqli harakatda bo'lar ekan.* Xususiy holda, agar jismning

massalar markazi qo'zg'almas bo'lsa, qo'zg'almasligicha qolar ekan. Ko'rinib turgandek, ichki kuchlarning jismga ta'siri uning massalar markazini harakatini o'zgartira olmas ekan.

2. Jismga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning yig'indisi nolga teng bo'lmasdan ularning birorta koordinata o'qdagi (masalan, x o'qdagi) proektsiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lsin, ya'ni

$$\sum F_{kx}^e = 0 \text{ bo'lsin.}$$

U holda, (14.5') tenglamaning birinchisidan,

$$x_s q_0 \text{ yoki } x_s q_{v_{cx} q_{const}} \text{ bo'ladi.}$$

Demak, agar sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning biror o'qdagi proektsiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lsa, massalar markazining tezligini shu o'qdagi proektsiyasi o'zgaras bo'lar ekan. Xususiyl holda, masalan, boshlang'ich tezlikning x o'qdagi proektsiyasi $v_{cx0} q_0$ bo'lsa, keyingi hamma vaqtlarda ham u nolga teng bo'ladi, ya'ni massalar markazi x o'qi bo'ylab harakat qilmas ekan (ya'ni $x_s q_{const}$).

Yuqorida olingan barcha natijalar, massalar markazining harakatini saqlanish qonunini ifodalaydi. Quyida shu qonunni amaldagi ko'rinishlarini ko'rsatuvchi ba'zi misollarni ko'rib o'tamiz.

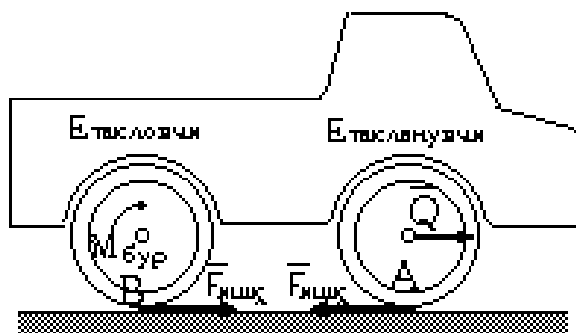
Quyosh sistemasi massalari markazining harakati. Quyoshdan uzoqda joylashgan yulduzlarning tortilish kuchlarini e'tiborga olmasak, u holda Quyosh sistemasiga hech qanday tashqi kuchlar ta'sir etmaydi. Demak, quyosh sistemasining massalar markazi yulduzlarga nisbatan to'g'ri chiziqli, o'zgaras tezlik bilan harakat qilari ekan.

Juft kuchning jismga ta'siri. Agar, erkin qattiq jismga, $\vec{F}$ va $\vec{F}'$ tashqi kuchlardan iborat juft ta'sir etsa, ularning geometrik yig'indisi ($\vec{F} + \vec{F}'$) nolga teng bo'ladi. Demak, agar jismning massalar markazi qo'zg'almas bo'lsa, juft kuchlar ta'siridan keyin ham qo'zg'almasligicha qoladi. Shunday qilib, erkin qattiq jismga qaerda bo'lmasin juft kuch ta'sir etsa, u massalar markazi atrofida aylanma harakat qiladi (lekin, faraz qilingandek, oniy aylanishlar o'qi juftning tekisligiga perpendikulyar bo'lishligi shart emas).

Gorizontal tekislik bo'yicha harakat. Agar ishqalanish kuchi bo'lmasa, odam faqat o'zining muskullarining (ichki) kuchlari hisobiga gorizontal tekislik bo'yicha harakat qila olmaydi. Chunki odamga ta'sir etuvchi barcha tashqi (og'irlik kuchi va tekislikning reaksiya) kuchlarining ixtiyoriy gorizontal tekislikdagi proektsiyalarining yig'indisi har doim nolga teng bo'ladi, natijada odamning massasini markazi tekislik bo'ylab harakat qila olmaydi ($x_s q_{const}$).

Masalan, agar odam o'ng oyog'ini oldinga qo'ysa, uning chap oyog'i orqaga suriladi va massa markazi o'z o'rnida qoladi. Agar ishqalanish kuchi mavjud bo'lsa, u holda harakat tomonga yo'nalgan ishqalanish kuchi chap oyoqning orqa tomonga siljishiga yo'l qo'ymaydi. Mana shu ishqalanish kuchi, odamni harakat qildiruvchi tashqi kuch hisoblanadi (ushbu misolda ishqalanish kuchi oldinga, ya'ni harakat tomonga yo'nalgan ekanligiga e'tibor bering).

Teplovoz yoki avtomobilning harakati ham xuddi shu tariqa sodir bo'ladi. Dvigatel ichidagi gazlarning bosim kuchlari ichki kuchlardan iborat bo'lgani uchun, ular bevosita massa markazini harakatga keltira olmaydi. Massa markazini harakat qildirish uchun,



14.3 shakl

sababli, uning yordamida teplovoz yoki avtomobilning massalari markazi o'ng tomonga qarab harakat qiladi. Agar ushbu ishqalanish kuchi yo'q bo'lsa yoki bu kuchning qiymati yetaklanuvchi g'ildirakning qarshiligidan kichkina¹ bo'lsa, o'ng tomonga yo'nalgan harakat sodir bo'lmaydi; u holda yetaklovchi g'ildirak o'z joyida turib aylanma harakat («buksovats») qiladi.

T o r m o z l a s h. Tormozlash uchun avtomobilning kuzoviga qattiq mahkamlangan tormoz kolodkalari bilan dumalab ketayotgan g'ildirakning barabanini qattiq siqadilar. Buning natijasida kolodkalar bilan baraban orasida paydo bo'ladigan ishqalanish kuchlari o'z-o'zidan massalar markazining harakatini o'zgartira olmaydi, ya'ni poezd yoki avtomobilni to'xtata olmaydi, chunki bu kuchlar ichki kuchlar hisoblanadi. Lekin, kolodkalarining barabanga ishqalanishi natijasida g'ildirakning o'z o'qi atrofidagi aylanishi sekinlashadi va g'ildirak bilan rels (yoki yer) orasida harakatga teskari yo'nalishda bo'lgan sirpanib ishqalanish kuchi paydo bo'ladi. Bu kuch, tashqi kuch hisoblanadi va u poezd yoki avtomobilning massalari markazining harakatini sekinlashtiradi, ya'ni harakatni tormozlaydi.

Xulosa qilib, shuni ta'kidlash lozimki, yuqoridagi misollarda har bir obektning harakati, albatta, ichki kuchlarning (avtomobilning dvigateli, odamning muskullari) bajargan ishlari hisobiga amalga oshiriladi. Lekin, ichki kuchlarning bajargan ishlari yordamida, massa markazini harakatga keltirish uchun, ob'ektni (poezdni, mashinani) *tashqi muhit* bilan shunday o'zaro ta'sirini mavjud qilishi kerakki, natijada tashqi muhit ob'ektga tashqi kuch (ushbu misollarda, ishqalanish kuchlari) bilan ta'sir ettirish lozim.

Massa markazini harakatga keltirishning, boshqa yo'llaridan biri, bu reaktiv effekt hisoblanadi. Xar qanday kuchli qurilma bo'lmasin, agar tashqi ta'sir kuchni paydo qila olmasa yoki reaktiv effektни vujudga keltira olmasa, faqat ichki kuchlar evaziga massa markazini harakatga keltira olmaydi. «Djin mashinasi» yoki «inertsoid» kabi qurilmalarning harakati ham tashqi muhit ta'sirida sodir bo'ladi, lekin ular yaqqol ko'zga tashlanmaydi, shu sababli asossiz ravishda tashqi muhitning ta'siri yo'q deb hisoblashga bahona bo'lishi mumkin.

^[1] yetaklanuvchi g'ildirakka burovchi moment emas, balki o'qqa qo'yilgan (14.3 shakl) $\overline{Q}$ -kuchi ta'sir etadi. Xamda, g'ildirakka orqa tomonga yo'nalgan ishqalanish kuchi ta'sir etadi. Bu tashqi kuch bo'lib, harakatni tormozlaydi.

14.6 Masalalar yechish.

Tashqi kuchlar ma'lum bo'lsa, massalar markazining harakati haqidagi teorema asosan, massalar markazining harakat qonunini aniqlashimiz mumkin, yoki teskarisi, ya'ni massalar

markazining harakati ma'lum bo'lsa, shu sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning bosh momentini aniqlashimiz mumkin. Birinchi masala bo'yicha nuqta dinamikasida misollar ko'rib o'tgan edik. Quyida ikkinchi masala bo'yicha misollar ko'rib chiqamiz.

Yuqoridagi teorema, masalalarni yechishda ichki kuchlarning ishtirokini bekor qiladi (ichki kuchlarni bilmagan holda masalalarni yechishga yo'l ochadi). Shu sababli, ko'rilayotgan mexanik sistemani shunday tanlab olish lozimki, noma'lum bo'lgan kuchlarni iloji boricha ichki kuchlar qatoriga o'tkazish lozim.

Massalar markazini harakati haqidagi teoremadan foydalanish o'rinli bo'lgan hollarda, ushbu teorema yordamida, sistemaning biror qismining harakatiga bog'liq ravishda boshqa qismining harakatini aniqlash mumkin bo'ladi.

Yuqorida isbot qilganimizdek, agar $\sum F_{kz}^e q_0$ va boshlang'ich holatda $v_{Cx}q_0$ bo'lsa, u holda sistemaning har qanday harakatida $x_{Sq} \text{const}$ bo'ladi. Aniqroq bo'lishi uchun, massalari m_1, m_2, m_3 -ga teng va har bir jismning massa markazini boshlang'ich koordinatalari x_1, x_2, x_3 -lardan iborat bo'lgan uchta jismdan tashkil topgan sistema deb faraz qilaylik. Agar sistema ichki (yoki tashqi) kuchlar ta'sirida sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning absolyut harakatlarini Ox o'qidagi proektsiyalari $\square_1, \square_2, \square_3$ bo'lsa, ularning koordinatalari tegishli $x_1Q\square_1, x_2Q\square_2, x_3Q\square_3$ bo'ladi. U holda (14.1) formulaga asosan, sistema massalar markazi x_S -ning boshlang'ich va ixtiyoriy vaqtdagi qiymatlari o'zgarmas (bir xil) bo'ladi, natijada

$$Mx_{S0}qm_1x_1Qm_2x_2Qm_3x_3;$$

$$Mx_{S1}qm_1(x_1Q\square_1)Qm_2(x_2Q\square_2)Qm_3(x_3Q\square_3).$$

Lekin, $x_{Sq} \text{const}$ bo'lganligi uchun, $x_{S1}qx_{S0}$ bo'ladi, demak

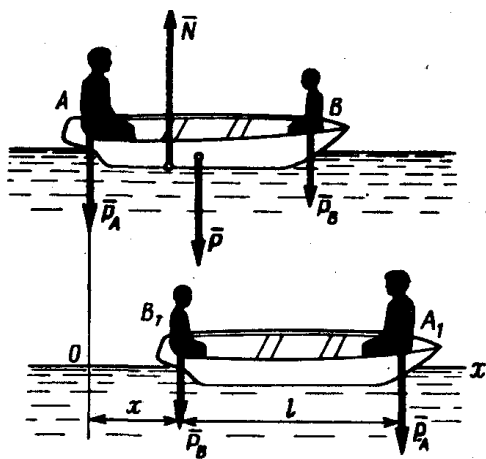
$$m_1\square_1Qm_2\square_2Qm_3\square_3q_0 \quad (14.6)$$

yoki

$$r_1\square_1Qr_2\square_2Qr_3\square_3q_0 \quad (14.6')$$

bo'ladi. Shunday qilib, Ox o'qi bo'yicha massalar markazining harakatini saqlanish qonuni o'rinli bo'lgan holda, sistemaning jismlari (nuqtalari)ning massalari (og'irlik kuchlari)ni, ularning massa markazlarini *absolyut* ko'chishlariga bo'lgan ko'paytmalarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lar ekan. $\square_1, \square_2, \square_3$ -larning qiymatlarini hisoblashda, ularning ishoralari, albatta, e'tiborga olinishi shart.

14.1 masala. Og'irligi r bo'lgan qayiqning oldingi qismida og'irligi r_V -bo'lgan odam va qayiqning orqa qismida og'irligi r_A -bo'lgan boshqa odam o'tiribdi (14.4 shakl). Agar, odamlar o'zlarining o'rinlarini almashtirsalar, suvning qarshiligini hisobga olmagan holda, qayiqning qancha masofaga va qaysi tomonga qarab siljishi aniqlansin.



14.4 shakl.

E ch i sh. Bizga noma'lum bo'lgan, ya'ni oyoq kiyimlarning tagini qayiqqa ishqalish kuchlari va odamlarning muskullarini kuchlarini, tenglamadan chiqarib yuborish uchun ikkala odam va qayiqni bir mexanik sistema deb qabul qilamiz (u holda, aytilgan kuchlar ichki kuchlar qatoriga o'tadilar).

Vertikal holda yo'nalgan, r, r_A, r_V, N kuchlar,

tashqi kuchlar hisoblanadi. U holda $\sum F_{kx}^e q_0$ bo'ladi va boshlang'ich holatda $v_{Cx}q_0$ bo'lganligi uchun, $x_{Sq} \text{const}$ bo'ladi. Shu sababli barcha jismlarning absolyut ko'chishlari (14.6) formula orqali bog'langan bo'ladi.

Qayiq va odamlarni boshlang'ich va keyingi holatlarda tasvirlab, qayiqning absolyut ko'chishini

$\square_q q x^1$ ko'ramiz. Birinchi odamning absolyut ko'chishi $\square_A q x Ql$; ikkinchi odamning absolyut ko'chishi VV_1 bo'lib, uning Ox o'qidagi proektsiyasi $\square_v q -(l-x)$. U holda (14.6') tenglamadan

$$r-xQr_A(xQl)Qr_v[-(l-x)]q0,$$

Bundan qayiqning absolyut ko'chishini aniqlaymiz,

$$xq(r_v - r_A)lG'R, \text{ bu yerdagi } RqrQr_AQr_v.$$

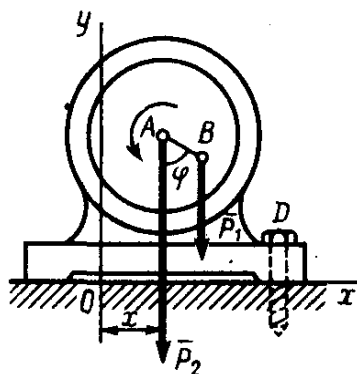
Agar, $r_v > r_A$ bo'lsa, u holda $x > 0$ bo'ladi, ya'ni qayiq o'ng tomonga siljiydi; $r_v < r_A$ bo'lsa, qayiq chap tomonga siljiydi. Agar, $r_v = r_A$ bo'lsa, qayiq o'z o'rnida qoladi.

Yana bir bor shuni ta'kidlaymizki: *shunga o'xshash masalalarni yechishda, harakati tekshirilayotgan sistemani, shunday tanlab olish lozimki, noma'lum bo'lgan kuchlarni iloji boricha ichki kuchlarga aylantiruvchi holatda tanlab olish kerak.*

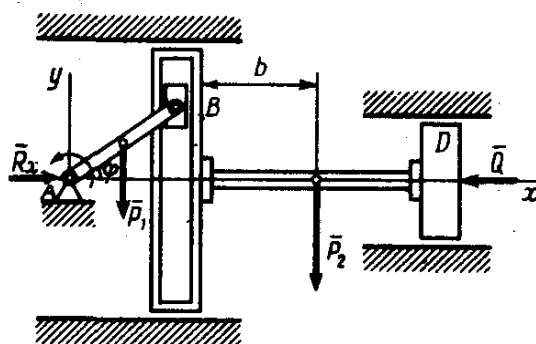
14.2 masala. Motor valining massalar markazi, aylanish o'qidan $AVqb$ masofaga siljirilgan. Valning massasi - m_1 , motorning qolgan qismlarining massasi - m_2 . Agar val, o'zgarmas $\square$ -burchakli tezlik bilan aylanma harakatda bo'lsa, silliq gorizont tekislikda joylashgan motorning harakatini qonuniyati aniqlansin. Qo'shimcha ravishda, agar motorni fundamentga qo'zg'almas qilib mahkamlansa, D nuqtadagi boltning maksimal zo'riqishi aniqlansin.

E ch i sh. Valni aylantiruvchi kuchlarni, tenglamadan chiqarib tashlash uchun, motor bilan valni bitta mexanik sistema deb qabul qilamiz.

1. Fundamentga mahkamlangan motorga ta'sir etuvchi ($\bar{P}_1 q m_1 \bar{g}$, $\bar{P}_2 q m_2 \bar{g}$ va tekislikning reaksiyasi) kuchlar vertikal yo'nalgan bo'lib, yuqoridagi masalaga o'xshab



14.5 shakl.



14.6 shakl.

massalar markazining harakatini saqlanish qonuni, Sx o'qi bo'yicha o'rinli bo'ladi.

Motorni ixtiyoriy holatda ta'svirlaymiz (14.5 shakl) va boshlang'ich holat uchun A va V nuqtalarni bir vertikal (Ou o'qida) chiziqda joylashgan deb hisoblaymiz. U holda, keyingi ixtiyoriy holat uchun $\square_A q x$, $\square_v q x Qbsin\square$ bo'ladi. Bundan, $\square q\square t$ ekanligini e'tiborga olsak, (14.6) formuladan

$$m_2 x Q m_1 (x Q b \sin\square t) q 0$$

bo'ladi, natijada

$$x = -\frac{1}{M} m_1 b \sin \omega t \quad \text{bu yerdagi } M = m_1 + m_2.$$

Demak, motor $\square$ -davriy chastota bilan garmonik tebranma harakatda bo'lar ekan.

2. Agar motor fundamentga mahkamlangan bo'lsa, (14.5') tenglamalarning birinchisidan boltning reaksiyasi R_x ,

$$R_x q M \bar{g}, \text{ bu yerdagi } x_c = \frac{1}{M} (m_1 x_B + m_2 x_A)$$

Bu holda A nuqta qo'zg'almas bo'ladi va $x_A \sin(\omega t)$ hamda $x_B \sin(\omega t)$ bo'ladi. Natijada, x_S funktsiyadan vaqt bo'yicha ikki marta hosila olib, uni M-ga ko'paytirsak (bundan keyin M-harfi bilan mexanik sistemaning umumiy massasini belgilaymiz)

$$R_x M \ddot{x}_S + m_1 \ddot{x}_B - m_1 b \omega^2 \sin \omega t$$

Boltga ta'sir qiladigan bosim kuchi son qiymati bo'yicha R_x ga teng bo'lib, qarama qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi; uning maksimal qiymati $m_1 b \omega^2$ -ga teng. Motorning ishlash jarayonida, boltga nisbatan zarba bo'lmasligini oldini olib, boltni mahkamlab qotirilgan Q-kuchning qiymati shunday bo'lishi lozimki, tekislik bilan motor orasidagi ishqalanish kuchi $f_q \leq m_1 b \omega^2$ bo'lishi shart.

14.3 masala. Uzunligi r , massasi m_1 bo'lgan va o'zgarmas ω -burchakli tezlik bilan aylanma harakat qiluvchi AV krivoship, D porshen bilan bog'langan kulisani harakatga keltirmoqda. Kulisa bilan porshenning umumiy massasi m_2 -ga teng (14.6 shakl). Porshenning harakatida unga o'zgarmas bo'lgan $\bar{Q}$ -kuch ta'sir etadi. Yo'naltiruvchilarga nisbatan ko'rsatiladigan ishqalanish kuchini hisobga olmagan holda, krivoshipning A o'qiga gorizontal yo'nalishda tushadigan maksimal bosim kuchi aniqlansin.

ye ch i sh. Krivoshipni aylantiruvchi kuchlarni, unga nisbatan kulisaning bosimini tenglamadan chiqarib tashlash uchun, hamma jismlarni bitta sistema deb qabul qilamiz. U holda, A o'qqa ta'sir etuvchi gorizontal bosim kuchini R_x -deb belgilab, (14.5') tenglamalarning birinchisidan, qo'yidagini yozamiz

$$M \ddot{x}_S + R_x - Q$$

(14.1) formulaga asosan $M \ddot{x}_S + m_1 \ddot{x}_1 + m_2 \ddot{x}_2$ ni aniqlaymiz.

Ushbu masalada, $x_1 = 0,5r \cos \omega t$, $x_2 = b \sin \omega t$, chunki $\omega = \omega$. Natijada

$$R_x = M \ddot{x}_S + (0,5m_1 + m_2)r \omega^2 \cos \omega t \text{ bo'ladi.}$$

O'qqa ta'sir qiladigan bosim kuchining moduli R_x -ga teng bo'lib, qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'ladi va $\omega = 180^\circ$ da maksimal qiymatga ega bo'ladi, ya'ni $Q = (0,5m_1 + m_2)r \omega^2$ bo'ladi.

Ishoralarda xatolikka yo'l qo'ymaslikni oldini olish maqsadida, qayiq (sistema)ni qaysi tomonga qarab siljishidan qathiy nazar, qayiqning siljigan holatini x koordinata o'qining musbat tomonida joylashtirish lozim (14.4 shakl). Agarda hisoblashlardan keyin x -ning qiymati manfiy bo'lsa, u holda masalaning shartiga ko'ra siljish teskari tomonga sodir bo'lishligini ko'rsatadi.

Xulosalar:

1. Moddiy nuqtalar mexanik sistema bo'lishlari uchun, ular bir-birlari bilan kinematik yoki dinamik xususiyatlari orqali o'zaro bog'langan bo'lishlari shart ekan.
2. Mexanik sistema harakatining differentsial tenglamasini yozishda ichki va tashqi kuchlarni alohida-alohida qilib ajratib yozish lozim ekan.
3. Ichki kuchlarning o'ziga xos xususiyatlari mavjud bo'lib, mexanik sistema harakatining differentsial tenglamasini yozganimizda, ichki kuchlarning bosh vektori hamisha nolga teng bo'lishini unutmaslik lozim ekan.
4. Mexanik sistemaning massalar markazini aniqlash sistema dinamikasida alohida ahamiyatga ekan. Masalar markazini koordinatasini statika qismidagi og'irlik markazini aniqlash formulasidagi kabi aniqlanar ekan.
5. Mexanik sistemasini massalarining markazi, xuddi moddiy nuqta kabi harakatlanib, uning differentsial tenglamasini tuzganimizda faqat tashqi kuchlarning vektor yig'indilari ishtirok etar ekan.

6. Ichki kuchlar qanday katta bo'lishiga qaramasdan, massa markazining harakatiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir qila olmas ekan. Masalan avtomobilni o'rnidan qo'zg'atish uchun, ichki kuchlar yordamida harakat tomonga yo'naluvchi tashqi kuch, ya'ni ishqalanish kuchini paydo qilish lozim ekan.
7. Agarda tashqi kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, massa markazi o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom etar ekan. Bu holatni massa markazi harakatini saqlanish qonuni deb atalar ekan.
8. Ichki kuchlar yordamida tashqi kuchlarni paydo qilib ular orqali jismlarning massa markazlarini harakatini o'zgartirish yo'llari juda ko'p bo'lib, ularning ayrimlarini misol tariqasida yuqorida ko'rib chiqilgan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Mexanik sistema deb qanday sistemaga aytiladi?
2. Ichki kuchlar deb qanday kuchlarga aytiladi va ular qanday xossalarga ega?
3. Tashqi kuchlar deb qanday kuchlarga aytiladi va ularni qanday farqlash lozim?
4. Mexanik sistemaga kiruvchi moddiy nuqtalarning harakatlarini differentsial tenglamasini tuzganimizda, ichki kuchlar qatnashadimi?
5. Mexanik sistema massalar markazini qaysi formulalar orqali aniqlanadi?
6. Mexanik sistema massa markazining harakatini differentsial tenglamasini tuzganimizda ichki kuchlar ishtirok etadimi?
7. Massalar markazining harakati haqdagi teoremani ifodalab bering?
8. Mexanik sistema massalar markazini harakatini saqlash uchun qanday shartlar bajarilishi lozim?
9. Avtomobilni harakatga keltirish uchun zarur bo'lgan tashqi kuchlarni qanday paydo qilish mumkin?
10. Reaktiv kuch, ichki kuch hisoblanadimi yoki tashqi kuchmi?

”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim texnologiyasi modeli.

Mavzu15: Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza

<i>Ma ruza rejasi:</i>	Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremlari. Moddiy nuqtaning harakat miqdori. Kuch impulsi. Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema. Moddiy nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema (Momentlar teoremasi).
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda moddiy nuqtaning harakat miqdori. Kuch impulsi tadbirini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Moddiy nuqta dinamikasi tushunchasini berish - Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema masalasi - Moddiy nuqtaning harakat miqdori. Kuch impulsi oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema. Kuch impulsi olgan tushunchalari bo'yicha talabalaridagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar
15 ma'ruza -

Mavzu: Mexanik sistema uchun dinamikaning asosiy teoremlari.

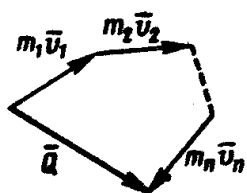
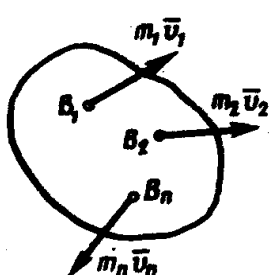
Mavzuning rejasi

1. Mexanik sistemaning harakat miqdori.
2. Xarakat miqdorining o'zgarish teoremasi.
3. Xarakat miqdorini saqlanish qonuni.
4. Mexanik sistema harakat miqdorining bosh momenti.
5. Xarakat miqdori bosh momentining o'zgarishi haqidagi teorema.
6. Xarakat miqdori bosh momentining saqlanish qonuni.
7. Masalalar yechish.
8. Mexanik sistemaning muvozanatlik sharti.

Muammo: Nuqta dinamikasida ham harakat miqdori va harakat miqdori momenti haqida tushliq tushunchalar bergan edik va tegishli masalalar yechgan ham edik. Lekin ular harakat miqdori va uning momenti haqida tushunchalarnigina berib, birorta mashina yoki korxona jihozlari uchun qo'llash jarayonida o'zlik qiladi. Chunki har bir mashina yoki har bir korxonadagi jihozlar mexanik sistema bo'lmasdan, tegishli konstruksiyalardan iborat bo'lgan mexanik sistemani tashkil qiladi. Shu sababli, o'sha teoremlarni mexanik sistemaga tadbiiq qilish orqali, har qanday mashina yoki korxona jixozlarini loyihalash (konstruksiyalash) ishlarida va ularni ekspluatatsiya qilish jarayonida uchraydigan dinamik kattaliklarni o'zgarish qonuniyatlarini o'rganib chiqamiz.

15.1 Mexanik sistemaning harakat miqdori

Mexanik sistemaning harakat miqdori deb, sistema nuqtalari harakat miqdorlarining geometrik yig'indisi (bosh vektori)ga teng bo'lgan $\bar{Q}$ -vektorga aytiladi (15.1 shakl):



15.1 shakl.

$$\bar{Q} = \sum m_k \bar{v}_k \quad (15.1)$$

Ushbu ifodadan foydalangan holda, $\bar{Q}$ -ning qiymatini bir muncha oson yo'l bilan aniqlaydigan formulani keltirib chiqaramiz va uning mazmunini yoritib beramiz. (26.1') tenglikka asosanib

$$\sum m_k \bar{r}_k = M \bar{r}_C \text{ ni yozamiz.}$$

Bu tenglikning ikkala tomonidan vaqt bo'yicha hosila olsak

$$\sum m_k \frac{d\bar{r}_k}{dt} = M \frac{d\bar{r}_C}{dt} \quad \text{yoki} \quad \sum m_k \bar{v}_k = M \bar{v}_C \text{ bo'ladi.}$$

Bundan oxirgi natijani olamiz, yahni

$$\bar{Q} = M \bar{v}_C \quad (15.2)$$

demak, sistemaning harakat miqdori, sistemaning butun massasini uning massasi markazining tezlik vektoriga ko'paytmasiga teng ekan. Bu formula qattiq jismlarning harakat miqdorlarini aniqlashda juda qo'l keladi.

(15.2) formuladan ko'rinib turibdiki, agar jism (yoki sistema)ning harakatida, uning massasini markazi qo'zg'almas bo'lsa, u holda jism (sistema)ning harakat miqdori nolga teng bo'lar ekan. Masalan, massa markazidan o'tuvchi qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qilayotgan jismning harakat miqdori nolga teng bo'lar ekan.

Agar harakat murakkab bo'lsa, sistemaning harakat miqdori $\bar{Q}$, uning aylanma harakatiga bog'liq bo'lmas ekan. Masalan, dumalab ketayotgan g'ildirakning harakat miqdori $\bar{Q} = M \bar{v}_C$ -ga teng bo'lib, g'ildirakning massa markazi S atrofidagi harakatiga (masalan, g'ildirakning dumalamasdan sirpanishiga ham, sirpanmay sof dumalayotganligiga ham) bog'liq bo'lmas ekan.

Shunday qilib, harakat miqdorini sistema (jism)ning faqat ilgariylanma harakatining xarakteristikasi deb qarash lozim ekan. Agar harakat murakkab bo'lsa, jismning massa markazi bilan birgalikdagi ilgariylanma harakatining xarakteristikasidan iborat ekan xolos

15.2 Xarakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema

N -ta mexanik sistemalardan tashkil topgan mexanik sistemani olib ko'raylik. Bunday sistemaning harakatini ifodalash maqsadida har bir nuqtaning harakati uchun (20.2) formulaga asosan differentsial tenglamalarini tuzaylik va ularni hadma-had o'ng tomonlarini o'ng tomonga, chap tomonlarini chap tomonga qo'shaylik.

Natijada

$$\sum m_k \bar{a}_k = \sum \bar{F}_k^e + \sum \bar{F}_k^i \quad \text{kelib chiqadi.}$$

Ichki kuchlarning birinchi xossasiga binoan oxirgi yig'indi nolga teng bo'ladi. Undan tashqari

$$\sum m_k \bar{a}_k = \frac{d}{dt} \sum m_k \bar{v}_k = \frac{d\bar{Q}}{dt}$$

bo'ladi, bundan quyidagi natijani olamiz:

$$\frac{d\bar{Q}}{dt} = \sum \bar{F}_k^e \quad (15.3)$$

(15.3) formula, mexanik sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremaning differentsial formasini ifodalaydi: *sistemaning harakat miqdoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila, sistemaga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning geometrik yig'indisiga teng ekan.* Ushbu formulaning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari qo'yidagicha bo'ladi:

$$\frac{dQ_x}{dt} = \sum F_{kx}^e, \quad \frac{dQ_y}{dt} = \sum F_{ky}^e, \quad \frac{dQ_z}{dt} = \sum F_{kz}^e, \quad (15.3')$$

Teoremaning boshqacha ifodasini aniqlaymiz. Faraz qilaylik t_0 -da sistemaning harakat miqdori Q_0 bo'lsin, t_1 -da Q_1 bo'lsin. U holda (15.3) tenglamaning ikkala tomonini dt -ga ko'paytirib, so'ngra integrallasak

$$\bar{Q}_1 - \bar{Q}_0 = \sum \int_0^t \bar{F}_k^e dt$$

yoki

$$\bar{Q}_1 - \bar{Q}_0 = \sum \bar{S}_k^e \quad (15.4)$$

bo'ladi. E'tibor bergan bo'lsangiz yuqoridagi tenglamaning o'ng tomonidagi integrallar tashqi kuchlarning impulsaridan iborat xolos.

(15.4) vektor tenglama, sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremaning integral formasini ifodalaydi: *sistema harakat miqdorining ma'lumvaqt oralig'idagi o'zgarishi, shu vaqt oralig'ida sistemaga ta'sir etgan tashqi kuchlarning impulslerini geometrik yig'indisiga teng ekan*. Koordinata o'qlaridagi proektsiyalari qo'yidagicha bo'ladi:

$$\bar{Q}_{1x} - \bar{Q}_{0x} = \sum \bar{S}_{kx}^e, \quad \bar{Q}_{1y} - \bar{Q}_{0y} = \sum \bar{S}_{ky}^e, \quad \bar{Q}_{1z} - \bar{Q}_{0z} = \sum \bar{S}_{kz}^e. \quad (15.4')$$

Ushbu teorema bilan massalar markazining harakati haqidagi teoremaning orasidagi bog'liqlikni ko'rsatib o'tamiz. $\bar{Q}_{qM} \bar{V}_s$ bo'lgani uchun, bu qiymatni (15.3) tenglamaga qo'ysak va $d\bar{V}_s G^* dt \bar{a}_C$ -ekanligini e'tiborga olsak $M \bar{a}_{Cq} \bar{F}_k^e$ bo'ladi.

Demak, massalar markazining harakati haqidagi teorema va harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema, aslida bitta teoremaning turli ko'rinishlarini ifoda etar ekan. Qattiq jismning (yoki jismlar sistemasining) harakatini o'rganish hollarida, ushbu teoremlarning ixtiyoriy ko'rinishlaridan foydalanish mumkin bo'ladi, lekin (26.5) formuladan foydalanish qulayroq hisoblanadi.

Uzluksiz muhit (suyuqlik, gaz) uchun, amalda harakat miqdorining o'zgarish teoremasidan foydalaniladi. Ushbu teorema zarba nazariyasiga va reaktiv harakatlarga oid masalalarni yechishda muhim ahamiyatga ega.

Teoremaning amaliy muhim ahamiyati shundaki, uning yordamida oldindan noma'lum bo'lgan ichki kuchlarni (masalan, suyuqlik zarrachalarining o'zaro bosim kuchlarini) tenglamalardan chiqarib yuborishga yordam beradi

15.3 Xarakat miqdorining saqlanish qonuni

Xarakat miqdorining saqlanish qonunidan qo'yidagi muhim xulosalarni chiqarish mumkin.

1. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lsin:

$$\sum \bar{F}_k^e = 0$$

U holda, (15.3) tenglamaga asosan $\bar{Q}_{qconst}$ ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib, agar, *sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lsa, sistemaning harakat miqdori vektori, ham moduli bo'yicha, ham yo'nalishi bo'yicha o'zgarmas bo'lar ekan*.

2. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisining biror (masalan, Ox) o'qdagi proektsiyasi nolga teng bo'lsin:

$$\sum F_{kx}^e = 0$$

U holda, (15.3) tenglamaga asosan Q_{xconst} ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib, agar, *sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig'indisining biror o'qdagi proektsiyasi nolga teng bo'lsa, sistemaning harakat miqdori vektorining shu o'qdagi proektsiyasi o'zgarmas bo'lar ekan*.

Ta'kidlab o'tish lozimki, sistemaning to'liq harakat miqdorini aniqlashda, uning har bir qismlarining faqat *absolyut* tezliklarini qo'yilishi shart hisoblanadi

15.4 Mexanik sistema harakat miqdorining bosh momenti

Bitta mexanik sistema uchun harakat miqdorining momenti haqidagi tushuncha 21.1§ da kiritilgan edi.

Sistemaning O markazga nisbatan harakat miqdorining bosh momenti (yoki kinetik momenti) deb, sistemaning barcha nuqtalarining harakat miqdorlarini shu markazga nisbatan olingan momentlarining geometrik yig'indisidan iborat bo'lgan $\bar{K}_O$ -vektor qiymatiga aytiladi¹:*

$$\bar{K}_O = \sum \bar{m}_0(m_k \bar{v}_k) \quad (15.5)$$

Koordinata o'qlariga nisbatan harakat miqdori momentlari ham shunga o'xshash aniqlanadi:

$$K_x = \sum m_x(m_k \bar{v}_k), \quad K_y = \sum m_y(m_k \bar{v}_k), \quad K_z = \sum m_z(m_k \bar{v}_k). \quad (15.6)$$

K_x, K_y, K_z -lar o'z navbatida, $\bar{K}_O$ vektorning koordinata o'qlaridagi proektsiyalaridan iborat bo'ladi.

21.1§ da ta'kidlanganidek, sistemaning harakat miqdori, uning faqat ilgari tanima harakatining harakteristikasidan iborat bo'ladi. Qo'yidagilardan shu ma'lum bo'ladi, *sistema harakat miqdorining bosh momenti (kinetik momenti) sistemaning faqat aylanma harakatining harakteristikasini aniqlar ekan xolos.*

Aylanayotgan jismning kinetik momenti. Konkret (aniq bir) misol tariqasida, qo'zg'almas z o'qi atrofida aylanayotgan qattiq jismning harakat miqdori momentini koordinata o'qlaridagi proektsiyalari, ya'ni K_x, K_y, K_z -larni aniqlashni ko'rib chiqamiz (15.2 shakl).

1. K_z -ni aniqlash. Aylanish o'qidan h_k -masofada joylashgan ixtiyoriy nuqtaning tezligi $v_k \propto h_k$ ($\propto$ -jismning burchakli tezligi) bo'ladi. Demak, shu nuqta uchun $m_z(m_k \bar{v}_k) \propto m_k v_k h_k \propto m_k h_k^2 \propto$ bo'ladi. Butun jism uchun umumiy bo'lgan $\propto$ -ni qavsdan tashqariga chiqarib tashlasak

$$K_z \propto \sum m_z(m_k \bar{v}_k) \propto \sum m_k h_k^2 \propto$$

Qavs ichidagi qiymat, qattiq jismning z o'qiga nisbatan inertsia momentidan iborat. U holda,

$$K_z = J_z \propto, \quad (15.7)$$

Shunday qilib, *aylanayotgan jismning aylanish o'qiga nisbatan kinetik momenti, jismning shu o'qqa nisbatan inertsia momentini uning burchakli tezligiga bo'lgan ko'paytmasiga teng ekan.*

Agar sistema faqat bitta o'q atrofida turlicha burchakli tezliklar bilan aylanayotgan bir nechta jismlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda:

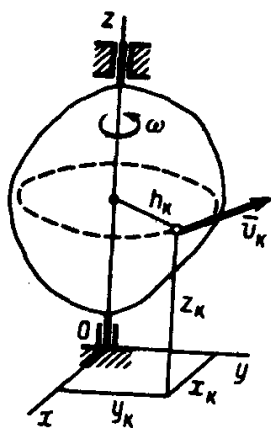
$$K_z = J_{1z} \propto_1 \omega_1 + J_{2z} \propto_2 \omega_2 + \dots + J_{nz} \propto_n \omega_n. \quad (15.7')$$

Jismning O_1 oniy aylanish o'qi atrofidagi burilishida ham (15.7) formula o'rinli hisoblanadi. Chunki, bunday harakatda ham jism nuqtalarining tezliklar maydoni qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatdagi kabi aniqlanadi. Shunday qilib

$$K_1 = J_1 \propto. \quad (15.8)$$

2*. K_x va K_y -ni aniqlash. K_x -ni aniqlash uchun $m_x(\bar{v}_k)$ -ni xuddi kuchning momenti singari hisoblanadi; buning uchun F - kuchni o'rniga v - tezlik vektorini qo'yib

$$m_x(\bar{v}_k) \propto y_k v_{kz} - z_k v_{ky} \text{ ni aniqlaymiz.}$$



15.2 shakl.

Lekin, $v_{ky} \neq x_k$, $v_{kz} \neq 0$ (oxirgi qiymat 15.2 shakldan ko'rinib turibdi); shu sababli, $m_x(\bar{v}_k) \neq x_k z_k$. Umumiy ko'paytma bo'lgan $\square$ -ni qavsdan tashqariga chiqarib yuborsak, natijada

$$K_x \neq m_x(m_k \bar{v}_k) \neq (\square m_k x_k z_k) \neq J_{xz} \square.$$

Qavs ichidagi qiymat, markazdan qochma inertsia momentidan iborat. Agar, hamma joydagi x -ni o'rniga u -ni qo'ysak xuddi shu usul bilan K_u -ni aniqlaymiz, ya'ni

$$K_x \neq J_{xz} \square, \quad K_u \neq J_{uz} \square. \quad (15.9)$$

Shunday qilib, aylanayotgan jismning Oz aylanish o'qida yotuvchi, O markazga nisbatan kinetik momenti Oxyz o'qdagi proektsiyalari (15.7) va (15.9) formulalar orqali aniqlanadigan $\bar{K}_O$ vektordan iborat ekan. Ko'rinib turgandek umumiy holda $\bar{K}_O$

vektor Oz - aylanish o'qida yotmas ekan. Lekin Oz - o'qi O nuqta uchun jismning bosh inertsia o'qi (xususiyl holda, simmetriya o'qi) bo'lsa, u holda $J_{xz} \neq J_{yz} \neq 0$. Shu sababli $K_x \neq K_u \neq 0$ va $K_O \neq K_z$ bo'ladi. Demak, agar jism O nuqta uchun jismning bosh inertsia o'qidan iborat bo'lgan o'q (yoki simmetriya o'qi) atrofida aylanayotgan bo'lsa, u holda $\bar{K}_O$ vektor aylanish o'qi bo'ylab yo'naladi va son qiymati bo'yicha K_z - ga teng bo'ladi, ya'ni $J_z \square$ -ga teng bo'ladi.

15.5 Sistema harakat miqdorining bosh momentini o'zgarishi haqidagi teorema. (Momentlar teoremasi)

Bitta mexanik sistema uchun (21.1 § ga qarang) isbot qilingan momentlar teoremasi, sistemaning har bir nuqtasi uchun o'rinli hisoblanadi. Demak, sistemaning m_k - massali va tezligi v_k - bo'lgan nuqtasini olib ko'rsak, ushbu teorema qo'yidagicha yoziladi

$$\frac{d}{dt} [m_0 (m_k \bar{v}_k)] = \bar{m}_0 (\bar{F}_k^e) + \bar{m}_0 (\bar{F}_k^i),$$

bu yerdagi $\bar{F}_k^e$ va $\bar{F}_k^i$ -shu nuqtaga ta'sir etuvchi tashqi va ichki kuchlarning teng ta'sir etuvchilari.

Shunday tenglamalarni har bir nuqta uchun yozib chiqib, so'ngra ularni hadma-had qo'shsak,

$$\frac{d}{dt} [\bar{m}_0 (m_k \bar{v}_k)] = \sum \bar{m}_0 (\bar{F}_k^e) + \sum \bar{m}_0 (\bar{F}_k^i),$$

Lekin, ichki kuchlarning xossasiga asosan oxirgi yig'indi nolga teng bo'ladi. Shu sababli (15.5) tenglamani e'tiborga olsak

$$\frac{d\bar{K}_0}{dt} = \sum \bar{m}_0 (\bar{F}_k^e) \quad (15.10)$$

Ushbu tenglama, sistema uchun qo'yidagi momentlar teoremasini ifodalaydi: *ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtaga nisbatan sistemaning harakat miqdorini bosh momentidan vaqt bo'yicha olingan hosila, sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning shu nuqtaga nisbatan olingan momentlarining geometrik yig'indisiga teng ekan.*

(15.10) tenglikning ikkala tomonlarini qo'zg'almas Oxyz o'qlarga proektsiyalasak

$$\frac{dK_x}{dt} = \sum m_x (\bar{F}_k^e), \quad \frac{dK_y}{dt} = \sum m_y (\bar{F}_k^e), \quad \frac{dK_z}{dt} = \sum m_z (\bar{F}_k^e), \quad (15.11)$$

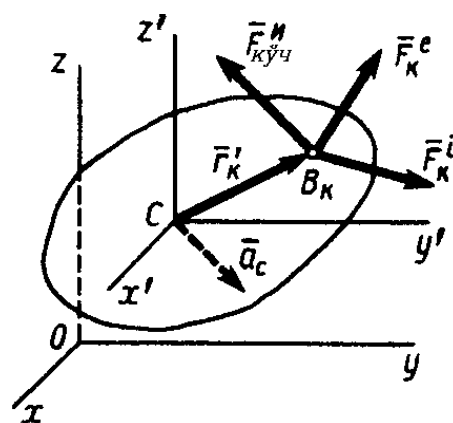
hosil bo'ladi.

(15.11) tenglama, ixtiyoriy qo'zg'almas o'qqa nisbatan olingan momentlar teoremasini ifodalaydi.

Ushbu teoremadan jismlarning aylanma harakatlarini, giroskoplar nazariyasini va zarba nazariyasini o'rganishda keng qo'llaniladi. Lekin, teoremaning mohiyati shu bilan chegaralanib qolmaydi. Kinematika qismida qattiq jismning har qanday murakkab harakati, uning qutb bilan birgalikdagi ilgarilanma harakatidan va shu qutb atrofidagi aylanma harakatdan tashkil topganligini ko'rib o'tgan edik.

Agar massa markazini qutb deb tanlab olinsa, u holda jismning ilgarilanma harakatini massa markazining harakati haqidagi teorema orqali, aylanma harakatini esa momentlar teoremasi orqali aniqlash mumkin. Bundan ko'rinib turibdiki, erkin jismlarning (uchayotgan samolyot, snaryad, raketa) harakatlarini o'rganishda, ayniqsa, tekislikka parallel harakatlarni o'rganishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Ushbu teoremaning muhim amaliy ahamiyatlaridan yana biri shuki, harakat miqdorining o'zgarish teoremasidagi kabi, sistemaning aylanma harakatlarida uchraydigan noma'lum ichki kuchlarni tenglamalardan chiqarib tashlashda juda ham qo'l keladi.



15.3 shakl

Massalar markaziga nisbatan momentlar teoremasi*. Ushbu teoremani, jismning tekislikka parallel harakatlariga yoki erkin qattiq jismning harakatlariga qo'llash uchun, avvalo, bu teoremani massalar markaziga nisbatan bo'lgan ifodasini aniqlab olish lozim. Faraz qilaylik, qo'zg'almas Oxyz koordinata (15.3 shakl) o'qlariga nisbatan mexanik sistemaning harakati o'rganilayotgan bo'lsin. Sx'y'z' o'qlar esa, sistemaning massalar markazi S nuqtaga o'rnatilgan bo'lib, u bilan birgalikda ilgarilanma harakatda bo'lsin va shu sababli Sx'y'z' o'qlar sistemaning massalar markazining tezlanishiga teng bo'lgan $\bar{a}_c$ -tezlanish bilan harakatlansin.

Dinamikaning barcha tenglamalarini qo'zg'almas o'qlardagi kabi Sx'y'z' o'qlarga nisbatan yozish mumkin, lekin sistemaning har bir nuqtasiga ta'sir etuvchi tashqi $\bar{F}_k^e$ va ichki $\bar{F}_k^i$ kuchlardan tashqari ko'chirma inertsia kuchi $\bar{F}_{KUY}^n$ ni qo'shish shart ekan (ushbu masalada koriolis inertsia kuchi qo'shilmaydi, chunki Sx'y'z' o'qlar faqat ilgarilanma harakat qiladi). Shu sababli, (15.10) tenglama Sx'y'z' o'qlar uchun qo'yidagicha yoziladi

$$\frac{d\bar{K}_C}{dt} = \sum \bar{m}_C (\bar{F}_k^e) + \sum \bar{m}_C (\bar{F}_{KUY}^n) \quad (15.12)$$

bu yerda, ichki kuchlarning ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining yig'indisi nolga teng ekanligi uchun u yozilmadi. $\bar{K}_C$ -ning qiymati, qo'yidagi formula orqali aniqlanadi

$$\bar{K}_C = \sum \bar{m}_C (m_k \bar{v}_k') \quad (15.12')$$

bu yerdagi $\vec{v}_k$ - sistema nuqtalarining qo'zg'aluvchi Sx'y'z' o'qlarga nisbatan tezligi.

(15.12) formulaning oxirgi yig'indisining son qiymatini aniqlaymiz. Taorifga ko'ra, $\vec{F}_{k\text{int}} = q \cdot m_k \cdot \vec{a}_{k\text{ko'ch}}$. Sx'y'z' o'qlar ilgarilanma harakat qilganligi uchun, sistemaning ixtiyoriy V_k nuqtasi uchun $\vec{a}_{k\text{ko'ch}} = \vec{a}_C$ bo'ladi. Shu sababli $\vec{F}_{\text{int}} = -m_k \vec{a}_C$ va $m_C (\vec{F}_{\text{int}}) = \vec{r}'_k \times (-m_k \vec{a}_C) = -m_k \vec{r}'_k \times \vec{a}_C$. Umumiy ko'paytma $\vec{a}_C$ -ni qavsdan chiqarib tashlab va (26.1') formulaga asosan $\sum m_k \vec{r}'_k = M \vec{r}'_C$ ekanligini e'tiborga olsak

$$\sum m_C (\vec{F}_{\text{int}}) = -(\sum m_k \vec{r}'_k) \times \vec{a}_C = -M \vec{r}'_C \times \vec{a}_C = 0$$

hosil bo'ladi, chunki S nuqta, Sx'y'z' o'qlarning koordinata boshi hisoblanadi va shu sababli $\vec{r}'_C = 0$ bo'ladi. Natijada (15.12) tenglamaning oxirgi ko'rinishi

$$\frac{d\vec{K}_C}{dt} = \sum \vec{m}_C (\vec{F}_k^e) \quad (15.13)$$

dan iborat bo'ladi.

Ushbu natijani (15.10) tenglama bilan solishtirish orqali qo'yidagi xulosaga kelamiz, ya'ni: *sistemaning massalar markazi bilan ilgarilanma harakatda bo'lgan o'qlar uchun massalar markaziga nisbatan olingan momentlar teoremasi, qo'zg'almas markazga nisbatan olingan ko'rinishini saqlab qolar ekan*. Sx'y'z' o'qlarga nisbatan (15.13) formula orqali aniqlanadigan momentlar (15.11) formula bilan bir xilda bo'lar ekan.

Yuqorida ko'rilgan qo'zg'aluvchi hisob sistemasidan boshqa har qanday o'qlarda yoki $\vec{r}'_C \neq 0$ bo'ladi yoki koriolis inertiya kuchi nolga teng bo'lmaydi, natijada momentlar teoremasining ko'rinishi (15.10) tenglamalardan farq qiladi

15.6 Xarakat miqdori bosh momentining saqlanish qonuni

Momentlar teoremasidan qo'yidagi xulosalar kelib chiqadi.

1. Sistemaga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning O markazga nisbatan momentlarining yig'indisi nolga teng bo'lsin, ya'ni

$$\sum \vec{m}_0 (\vec{F}_k^e) = 0$$

U holda, (15.10) tenglamadan $\vec{K}_O = \text{const}$ ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib, *agar sistemaga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning biror markazga nisbatan momentlarining yig'indisi nolga teng bo'lsa, sistema harakat miqdorining shu nuqtaga nisbatan olingan bosh momenti ham son qiymati bo'yicha, ham yo'nalishi bo'yicha o'zgarmas bo'lar ekan*.

2. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning biror o'qqa bo'lgan proektsiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lsin

$$\sum m_z(\bar{F}_k^e) = 0$$

U holda, (15.10) tenglamadan $K_z q \text{const}$ ekanligi kelib chiqadi. Shunday qilib, *agar sistemaga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning biror o'qqa nisbatan momentlarining yig'indisi nolga teng bo'lsa, sistema harakat miqdorining shu o'qqa nisbatan olingan bosh momenti o'zgarmas bo'lar ekan.*

Ushbu natijalar, *sistema harakat miqdorining bosh momentini saqlanish qonunini* ifodalab berar ekan. Bundan xulosa qilib shuni ta'kidlash lozimki, sistemaning harakat miqdorining bosh momentini ichki kuchlar o'zgartira olmas ekan.

Aylana yo'tgan sisteyema. Qo'zg'almas z - o'q (yoki massa markazidan o'tuvchi o'q) atrofida aylanayotgan mexanik sistemani olib ko'raylik. U holda (15.7) formulaga asosan

$$K_z q J_z \square \text{ bo'ladi. Agar } \sum m_z(\bar{F}_k^e) = 0 \text{ bo'lsa, u holda } J_z \square q \text{const}$$

Bundan qo'yidagi xulosalarga kelamiz:

a) agar sistema o'zgarmas (absolyut qattiq jism) bo'lsa $J_z q \text{const}$ bo'ladi va natijada $\square q \text{const}$, ya'ni qo'zg'almas o'qqa o'rnatilgan qattiq jism, o'zgarmas burchakli tezlik bilan aylanma harakat qiladi;

b) agar sistema o'zgaruvchan bo'lsa, u holda ichki (yoki tashqi) kuchlar ta'sirida, uning ayrim nuqtalari o'qdan uzoqlashishi natijasida J_z - ning qiymati ortishi mumkin yoki yaqinlashishi natijasida J_z - kamayishi mumkin. Lekin $J_z \square q \text{const}$ bo'lgani sababli, inertsiya momentining ortishi bilan sistemaning burchakli tezligi kamayadi va inertsiya momentining kamayishi bilan sistemaning burchakli tezligi ortadi. Shunday qilib, ichki kuchlarning ta'siri hisobiga sistemaning burchakli tezligini o'zgartirish mumkin ekan, chunki K_z - ning o'zgarmas ekanligi $\square$ - ning o'zgarmas ekanligini bildirmaydi

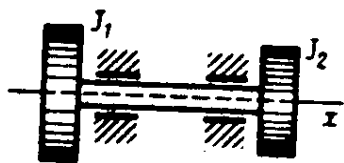
15.7 Masalalar yechish.

Momentlar teoremasidan, jismlarning aylanma harakatlarini o'rganishda foydalaniladi.

Xarakat miqdori momentining saqlanish qonuni, sistemaning biror qismini ko'chishini yoki uning tezligini bilgan holda boshqa qismning burchakli tezligini (yoki burilish burchagini) aniqlashga yordam beradi. Xamda qiymatlari oldindan noma'lum bo'lgan ichki kuchlarni va aylanish o'qini kesib o'tuvchi yoki o'qqa parallel yo'nalgan tashqi kuchlarni tenglamalardan chiqarib tashlanishiga yordam beradi.

15.1 masala. Ikkita disk umumiy valga kiydirilib mahkamlangan (15.4 shakl). So'ngra disklar yordamida valni ma'lum burchakka eshib, diskarni o'z holiga qo'yib yuborilgan. Valning massasini e'tiborga olmasdan, diskarning burama tebranishlaridagi burilish burchaklari va burchakli tezliklari aniqlansin. Disklarning x o'qiga nisbatan inertsiya momentlari J_1 va J_2 - larga teng.

ye ch i sh. Disklarni tebratuvchi noma'lum bo'lgan elastiklik kuchini tenglamadan



15.4 shakl.

chiqarib tashlash uchun ikkala disk va valni bir mexanik sistema deb hisoblaymiz. Bu sistemaga ta'sir etuvchi tashqi (podshipniklarning reaksiyalari va og'irlik) kuchlari x o'qini

kesib o'tadi, shu sababli $\sum m_x(\bar{F}_k^e) = 0$ va $K_x q \text{const}$ bo'ladi. Lekin, harakat boshlanishida $K_x q_0$ bo'lgan edi, shu sababli harakat davomida ham $K_x q J_1 \square J_2 \square q_0$ (sistemaning

x o'qiga nisbatan olingan kinetik momenti, har bir diskning shu o'qqa nisbatan olingan kinetik momentlarining yig'indisiga teng) bo'lishi shart.

Bundan

$$\square_1 q - J_2 \square_2 G' J_1 \text{ va } \square_1 q - J_2 \square_2 G' J_1 \text{ hosil bo'ladi.}$$

Bu yerdagi $\square_1$ va $\square_2$ -lar disklarning buralish burchaklari, boshlang'ich holatdan boshlab o'lchanadilar (oxirgi natijani undan oldingi tenglamani integrallash orqali aniqlanadi).

Shunday qilib, tebranishlar qarama-qarshi tomonga qarab burilish hisobiga amalga oshadi, burchakli amplitudalarning qiymatlari esa disklarning inertsia momentlariga teskari proportsional ravishda bo'ladi. Oradagi qo'zg'almas bo'lgan ko'ndalang kesimning o'ni inertsia momenti katta bo'lgan diskka yaqinroq joylashgan bo'ladi.

15.2 masala. Ikkita qarama-qarshi tomonga aylanuvchi o'qdosh vintli (parrakli) vertolyotning bitta vinti (parragi) birdaniga to'xtab qoldi, ikkinchisi esa vertikal z o'q atrofida $\square$ burchakli tezlik bilan aylanma harakatini davom ettirmoqda. Aylanayotgan vintning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti J_1 , vertolyotning qolgan qismini to'xtab qolgan vint bilan birgalikdagi inertsia momenti J_2 -ga teng. Xavoning qarshiligini e'tiborga olmasdan vertolyotning aylanishidagi burchakli tezlik $\square_2$ -ning qiymati aniqlansin.

ye ch i sh. Agar vertolyot bilan vintlarni birgalikda bitta mexanik sistema deb qabul qilsak, vertolyotning dvigateli bilan vali orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari bizga ma'ulum, lekin ular ichki kuchlar hisoblanadi. Bitta vintning to'xtashi ham ichki kuchlar ta'sirida sodir bo'ldi, lekin ular sistemaning kinetik momentini o'zgartira olmaydi. Vint to'xtaguncha (vintlar qarama-qarshi tomonga aylanganliklari sababli) sistemaning kinetik momenti nolga teng bo'lgan edi. Demak, vint to'xtagandan keyin ham uning harakat miqdori momenti $K_z q J_1 (\square_1 Q \square_2) Q J_2 \square_2 q 0$ bo'ladi, bu yerda $J_1 (\square_1 Q \square_2)$ -aylanayotgan vintning kinetik momenti (vint, vertolyot bilan birgalikda aylanma harakatda bo'lganligi uchun, uning absolyut burchakli tezligi $\square_{abs} q \square_1 Q \square_2$), $J_2 \square_2$ - to'xtab qolgan vint bilan vertolyotning korpusini kinetik momenti; Natijada,

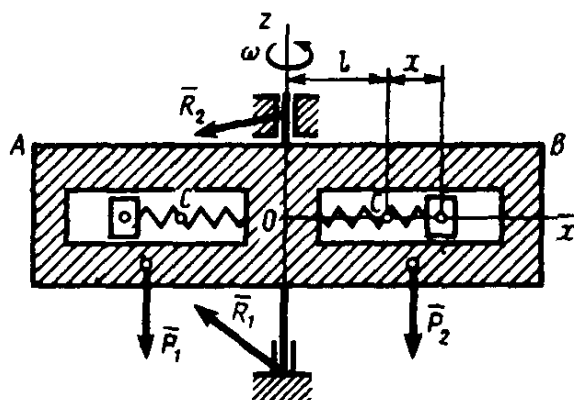
$$\square_2 q J_1 \square_1 G' (J_1 Q J_2) \text{ bo'ladi.}$$

Manfiy ishora $\square_2$ va $\square_1$ burchakli tezliklarning yo'nalishi qarama-qarshi ekanligini ko'rsatib turibdi.

Masalalarni yechganda K_z - (yoki $\bar{K}_O$) ning ifodasiga sistema nuqtalarining yoki jismlarining faqat absolyut tezliklarini qo'yish lozim.

15.3 masala. Oz o'qi atrofida aylanishi mumkin (Oz o'qiga nisbatan inertsia momenti J_z) bo'lgan AV regulyatorning simmetrik ravishda gorizontal joylashgan ikkita tirqishiga har birining massalari m -bo'lgan ikkita yuk prujinalarning uchlariga mahkamlangan (15.5 shakl). Prujinalarning ikkinchi uchlari tirqishning aylanish o'qiga yaqin bo'lgan joyiga mahkamlangan.

Yuklar Oz -aylanish o'qidan l masofada joylashgan S nuqtada joylashganda, regulyator berilgan $\square_0$ burchakli tezlik bilan aylanadi. Qandaydir vaqt o'tishi bilan burchakli tezlik o'zgara boshlaydi, natijada yuklar S nuqtalar atrofida so'nuvchi tebranma harakat qila boshlaydilar. O'qdagi ishqalanish kuchini e'tiborga olmagan holda, yuklarni mexanik sistema deb hisoblab, yuklarning holatlariga bog'liq ravishda regulyatorning burchakli tezligi aniqlansin.



15.5 shakl.

ye ch i sh. Bizga noma'lum bo'lgan, prujinalarning elastiklik kuchlarini va yuklar bilan yo'naltiruvchi tirqishlar orasidagi ishqalanish kuchlarni tenglamalardan chiqarib tashlash uchun, regulyator bilan yukni bir mexanik sistema deb hisoblaymiz. U holda, og'irlik kuchlari Oz o'qqa parallel yo'nalganliklari uchun va podshipniklarning reaksiyalari bu o'qni kesib o'tganligi sababli,

$$\square m_z (\bar{F}_k^e) q 0 \quad \text{va} \quad K_z q K_z^{per} Q 2 K_z^{iok} q const \text{ bo'ladi.}$$

Avvalo, K_z^{iok} aniqlaymiz. Yukning

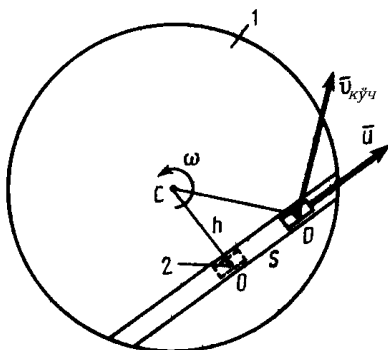
tezligi $\bar{v}_q \bar{v}_{nis} Q \bar{v}_{ko'ch}$ va $K_z^{IOK} q m_z(m \bar{v}_{nis}) Q m_z(m \bar{v}_{ko'ch})$. Lekin $\bar{v}_{nis}$ -vektor Ox o'qi bo'ylab yo'nalgan bo'lib, Oz o'qini kesib o'tadi. Demak $m_z(m \bar{v}_{nis}) q_0$ bo'ladi. $\bar{v}_{ko'ch}$ -tezlik vektori xz tekisligiga perpendikulyar bo'lib, uning moduli $v_{ko'ch} q_0 (lQx)$ -ga teng bo'ladi. U holda, $K_z^{IOK} q m v_{ko'ch} (lQx) q m (lQx)^2$. Xamda $K_z^{per} q J_z$ ekanligini e'tiborga olsak

$$K_z q [J_z Q 2m (lQx)^2] q_0 \text{ hosil bo'ladi.}$$

Agar $x q_0$ bo'lsa, $K_{z0} q (J_z Q 2l^2) q_0$ bo'ladi. $K_z q \text{ const}$ bo'lgani uchun, $K_z q K_{z0}$, natijada

$$q_0 \frac{J_z + 2ml^2}{J_z + 2m(l+x)^2} q_0 \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Agar $x > 0$ bo'lganda $q_0 < q_0$ bo'ladi, $x < 0$ bo'lsa $q_0 > q_0$. Tebranish so'nganda x nolga va $q_0 q_0$ -ga intiladi.



15.6 shakl.

15.4 masala. Massasi m_1 va radiusi - R bo'lgan bir jinsli disk -1, uning tekisligiga perpendikulyar yo'nalgan vertikal o'qqa kiydirib mahkamlangan (15.6 shaklda, yuqoridan ko'rinishi tasvirlangan). Diskka vatar bo'ylab yo'nalgan ariqcha qilingan bo'lib, uning o'rtasidagi O nuqtada massasi m_2 , bo'lgan polzun 2 joylashtirilgan (OSqh). Boshlang'ich $t q_0$ vaqtda, diskning ustida joylashgan tolkatel (15.6 shaklda tasvirlanmagan) yordamida polzunga boshlang'ich $\bar{u}$ tezlik beriladi va polzun shu tezlik bilan harakatni davom ettiradi. Polzunning holatiga bog'liq ravishda, diskning oladigan aylanma harakatining qonuniyati aniqlansin.

ye ch i sh. Disk bilan polzunni bir mexanik sistema deb qabul qilamiz. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning S_z -o'qiga nisbatan olingan momentlari nolga teng (15.5 shaklga q.), demak $K_z q \text{ const}$. Xamda $t_0 q_0$ vaqtda, sistema qo'zg'almas bo'lganligi uchun va diskning aylanma harakati ichki kuchlar ta'sirida sodir bo'lganligi sababli K_z -ning qiymati o'zgarmaydi va $t_0 q_0$ vaqtda $K_z q_0$ edi. Shu sababli ixtiyoriy olingan vaqt uchun

$K_z q K_z^{(1)} Q K_z^{(2)} q_0$ bo'ladi, chunki $K_z q \text{ const}$.

Sistemaning harakatida $K_z^{(1)} q J_z q_0$ va $K_z^{(2)} q m_z(m_2 \bar{v}_{nis}) Q m_z(m_2 \bar{v}_{ko'ch})$ bo'ladi va bu yerdagi $v_{nis} q_0$, $v_{ko'ch} q_0 q_0 CD$ (polzunning D nuqtadagi $\bar{v}_{ko'ch} q_0 CD$). U holda

$m_z(m_2 \bar{v}_{nis}) q m_2 u h$, $m_z(m_2 \bar{v}_{ko'ch}) q m_2 v_{ko'ch} q_0 SD q m_2 q_0 (SD)^2$. Natijada, $(SD)^2 q h^2 Q s^2$, bu yerdagi $s q_0 OD$ -polzunning bosib o'tgan yo'li. Shularga asosan

$$K_z q J_z q_0 Q m_2 h u Q m_2 q_0 (h^2 Q s^2). \quad (a)$$

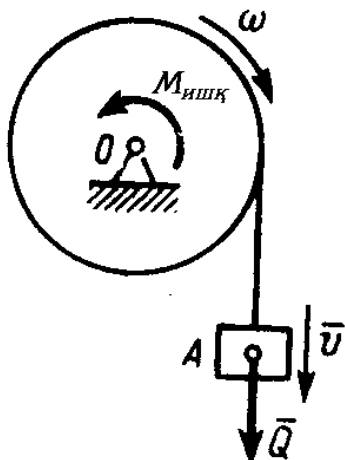
Endi $K_z q_0$ deb hisoblab va disk uchun $J_z q_0, 5 m_1 R^2$, oxirgi natijani olamiz

$$q_0 \frac{m_2 h u}{0,5 m_1 R^2 + m_2 (h^2 + s^2)} \quad (b)$$

Diskning aylanishi 15.6 shaklda ko'rsatilganga teskari yo'nalishda bo'ladi.

E s l a t m a. Ushbu masalada (va shunga o'xshash masalalarda) $t q_0$ c da polzunning olgan u -tezligi hisobiga, sistemaning $K_{z0} q m_2 u h$ deb hisoblash noto'g'ri bo'ladi (aslida $K_{z0} q_0$). Chunki polzun ichki kuchlar evaziga tezlik olgan edi. Shu sababli $t q_0$ c da polzunga berilgan u tezlik oqibatida disk q_0 burchakli tezlik oladi, natijada yana $K_{z0} q_0$ saqlanib qolinishi shart. (b) yechimdan ko'rinish turibdiki, $t q_0$ da $s q_0$ bo'lib, disk ichki kuchlar ta'sirida q_0 burchakli tezlik oladi, ya'ni $q_0 q_0 m_2 h u G'(0,5 m_1 R^2 Q m_2 h^2)$ ga teng bo'ladi va yana oxir natija $K_{z0} q_0$ bo'ladi. So'ngra s - ortgan sari q_0 -ning moduli kamaya boradi (chunki, sistemaning inertsia momenti ortib boradi).

Agar $K_{z0} = qm_2 u$ deb hisoblansa, u holda $K_z = qK_{z0}$, bu yerdagi K_z -ni (a) orqali aniqlaymiz, natijada $\square q0$ bo'ladi. Bunday natija haqiqatda ham bo'lishi uchun polzunga berilgan u tezlik faqat tashqi kuchlar hisobiga bajarilgan bo'lishi va polzunni ariqchaga ishqalanish kuchi nolga teng bo'lishi kerak.



15.7 shakl

15.5 masala. Og'irligi R , radiusi r bo'lgan barabanga (15.7 shakl) ip o'ralgan bo'lib, uning uchiga og'irligi Q bo'lgan A yuk osilgan. Ipning og'irligini hisobga olmasdan, yukning vertikal pastga qilgan harakatida barabanning burchakli tezlanishi aniqlansin. Barabanning aylanish o'qiga nisbatan inertsia radiusi $\square$ va barabanga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchining momenti M_{ishq} -ga teng.

ye ch i sh. Baraban va yukni bir sistema deb hisoblaymiz, u holda ipning tortilish kuchi ichki kuch hisoblanadi. O nuqtaga nisbatan momentlar teoremasidan foydalanib

$$\frac{dK_0}{dt} = \sum m_0 (\bar{F}_k^e) \quad \text{ni aniqlaymiz.} \quad (a)$$

Ushbu sistema uchun, $K_{Oq} K_O^{lok} Q K_O^{6ap}$. Yuk ilgari lanma harakat qilmoqda va uning tezligi $vq \square r$. Baraban qo'zg'almas O o'q atrofida aylanmoqda va uning inertsia momenti $J_O q(RG'g) \square^2$. U holda

$$K_O^{lok} q(qG'g)vr, K_O^{6ap} q(RG'g) \square^2 \square \text{ va } K_O^{6ap} q(qr^2 QR \square^2) \square G'g,$$

Kuchlarning momentlari uchun, $\square m_O (\bar{F}_k^e) qqr - M_{ishq}$

Bu qiymatlarni, (a) tenglamaga qo'ysak

$$\frac{Qr^2 + P\rho^2}{g} \cdot \frac{d\omega}{dt} = Qr - M_{ishq}$$

bundan,

$$\varepsilon = \frac{(Qr - M_{ishq})g}{Qr^2 + P\rho^2} \quad \text{ning qiymatini hisoblaymiz.}$$

15.8. Mexanik sistemaning muvozanat tenglamasi

(26.5) va (15.10) yoki (15.13) tenglamalarni qo'yidagi ko'rinishda yozaylik:

$$\frac{d\bar{v}_C}{dt} \quad \frac{d\bar{K}_O}{dt} \quad \frac{d\bar{K}_C}{dt} \quad \text{yoki} \quad \frac{d\bar{K}_C}{dt} \quad (15.14)$$

Statika qismidagi barcha asosiy tenglamalarni 19.2§ da bayon qilingan dinamikaning

asosiy qonunlari asosida keltirib chiqarish mumkin ekanligini ko'rsatib o'tamiz. Aytaylik

(15.14) da:

$$\bar{R}^e_{q0} \text{ va } \bar{M}^e_{Oq0} \text{ bo'lsin.} \quad (15.14')$$

U holda (15.14') dagi shartlar, *ixtiyoriy mexanik sistema muvozanatining zaruriy shartlari* bo'lib hisoblanadi. Bu natija xususiy holda statika qismida ifodalangan bo'lib, qotishlik printsiptini o'z ichiga oladi.

Lekin ko'rinib turgandek (15.14') dagi shartlar ixtiyoriy mexanik sistemaning muvozanati uchun yetarli emas. Masalan, 1 shaklda tasvirlangan A_1 va A_2 nuqtalar erkin bo'lsa, ular (15.14') dagi shartlar saqlangan holda $\bar{F}_{12}$ va $\bar{F}_{21}$ kuchlar ta'sirida bir-birlariga qarab harakatlanishlari mumkin bo'ladi. Shu sababli, mexanik sistema muvozanatining zaruriy va yetarli shartlari statika qismida batafsil bayon qilinadi.

2. (15.14') dagi shartlar absolyut qattiq jismlarga ta'sir etayotgan kuchlar uchun nafaqat zaruriy va xatto yetarli shartlar ekanligini isbot qilamiz. Tinch holatda turgan absolyut qattiq jismga (15.14') dagi shartlarni qanoatlantiruvchi kuchlar sistemasi ta'sir eta boshlasin va u tenglamadagi O nuqta ixtiyoriy, ya'ni xususiy holda S ham shunday nuqta bo'lsin.

U holda, (15.14') dagi tenglamalardan $\bar{V}_{sqconst}$ va $\bar{K}_C qconst$ ekanligini aniqlaymiz, lekin shu kuchlar ta'sir etguncha jism muvozanat holatda bo'lganligi uchun $\bar{V}_{sq0}$ va $\bar{K}_C q0$ bo'ladi. Agar $\bar{V}_{sq0}$ bo'lsa, S nuqta qo'zg'almas bo'ladi va jism faqat shu nuqtadan o'tuvchi qandaydir C_1 oniy aylanish o'qi atrofida $\square$ -burchakli tezlik bilan aylanma harakat qilaolishi mumkin xolos. Ammo (15.8) formulaga asosan, bu jism uchun $K_1 q \square$ bo'ladi. O'z navbatida K_1 ifoda $\bar{K}_C$ -ning C_1 o'qdagi proektsiyasidan iborat. Shu sababli $\bar{K}_C q0$ bo'lganligi uchun K_1 ham nolga teng bo'ladi. Bunga asosan $\square q0$ bo'ladi, ya'ni (15.14') dagi shartlar bajarilsa jism muvozanat holatda qolaveradi.

3. Xususiy holda, yuqorida isbot qilingan natijalardan statika aksiomalari o'z-o'zidan kelib chiqadi. 2 shaklda tasvirlangan ikkita kuch (15.14') dagi shartlarni qoniqtiradi va o'zaro muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasidan iborat bo'lib, ular qatoriga jismga ta'sir etuvchi o'zaro muvozanatlashuvchi kuchlarni qo'shsak (yoki jismdan shundaylarini olib tashlasak), jismning har qanday harakatini ifodalovchi (15.14') dagi yoki (15.14) dagi tenglamalar o'zgarmay qolaveradi.

Tayanch so'z va iboralar: mexanik sistema harakat miqdori, mexanik sistema harakat miqdorini o'zgarishi, mexanik sistema harakat miqdorini saqlanish qonuni, mexanik sistema harakat miqdori momenti, mexanik sistema harakat miqdori momentini o'zgarishi, mexanik sistema harakat miqdori momentini saqlanish qonuni.

Xulosalar:

1. Mexanik sistema dinamikasining muhim karakteristikalaridan biri, harakatdagi mexanik sistemaning harakat miqdori hisoblanar ekan. Xarakat miqdori vektor qiymat bo'lib, mexanik sistemaning massasini, uning massa markazining tezlik vektoriga bo'lgan ko'paytmasiga (15.2 formula) aytilar ekan.
2. Mexanik sistema harakat miqdori bosh vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila, shu sistemaga ta'sir etayotgan kuchlarning bosh vektoriga teng ekan (15.3 formulaga q)
3. Mexanik sistema harakat miqdori vektor qiymat bo'lganligi sababli, masalalrni yechganimizda (15.3) formulani koordinata o'qlaridagi proektsiyalari (15.3')dan foydalanish lozim.
4. Mexanik sistema harakatining yana bir muhim karakteristikalaridan biri, shu harakatlanayotgan mexanik sistemaga ta'sir etayotgan kuchlarning bosh impulsi hisoblanar ekan. Agar shu harakatlanayotgan mexanik sistemaga ta'sir etayotgan

- kuchlar vaqtga bog'liq ravishda o'zgaruvchan bo'lsa, shu kuchlarning ma'lumvaqt oralig'idagi impulsi (15.4) formula orqali aniqlanar ekan.
5. Masalalar yechganmizda (15.4) formulani o'rniga (15.4') formuladan foydalanish lozim.
 6. Xarakatlanayotgan mexanik sistemaga ta'sir etayotgan kuch, sistemaning harakat miqdorini tegishli ravishda o'zgartirar ekan.
 7. Agarda mexanik sistemaga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, sistemaning harakat miqdori o'zgarmas ekan. Bunday holatni, mexanik sistema harakat miqdorining saqlanish qonuni deb atalar ekan.
 8. Agar mexanik sistema birorta o'q atrofida aylanma harakatda ishtirok etayotgan bo'lsa, uning bunday harakatini harakterlovchi qiymatni, harakat miqdorining momenti (15.5) va (15.6) orqali ifodalanadi. Xarakat miqdorining momenti vektor qiymat bo'lib, nuqtaning radius vektorini uning harakat miqdori vektoriga bo'lgan vektor ko'paytmasiga aytiladi.
 9. Birorta qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdag mexanik sistemaning harakat miqdorining momenti (15.7) formula orqali aniqlanar ekan.
 10. Aylanma harakatdagi mexanik sistemaning aylanma harakatini o'zgarishiga asosiy sabab, shu sistemaga ta'sir etayotgan kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan olingan momentining o'zgarishi ekan. Ushbu holatni aniqlab beruvchi (15.10) formulani, momentlar teoremasi deb atalar ekan. Ushbu tenglikning koordinata o'qlardagi proektsiyasi (15.11) formula orqali aniqlanar ekan.
 11. Agarda, birorta o'q yoki nuqta atrofida aylanayotgan mexanik sistemaga ta'sir etayotgan kuchlarning shu o'qqa nisbatan momentlarining vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, uning harakat miqdorining momenti o'zgarmas ekan. Bunday holatni mexanik sistemaning harakat miqdori momentini saqlanish qonuni deb atalar ekan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Mexanik sistemaning harakat miqdori deb nimaga aytiladi?
2. Mexanik sistemaning harakat miqdori bilan shu nuqtaga ta'sir etayotgan kuchlarning impulslari orasidagi matematik bog'lanishni yozib bering?
3. Mexanik sistemaning harakat miqdorini saqlash uchun qanday shart bajarilishi lozim?
4. Mexanik sistemaning harakat miqdori momenti deb nimaga aytiladi?
5. Aylanma harakatdagi mexanik sistema harakat miqdori momentini o'zgartirish uchun qanday shartlar bajarilishi lozim?
6. Aylanma harakatdagi mexanik sistema harakat miqdori momentini o'zgarmas holda saqlash uchun, nimalar bajarilishi lozim?
7. Qattiq jismning massa markazidan o'tuvchi o'q atrofidagi aylanma harakatini differentsial tenglamasini qaysi formula orqali aniqlanadi?
8. Agar qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatida, uning aylanish o'qi massa markazidan o'tmasa, bunday harakatning differentsial tenglamasini qaysi formula orqali yozamiz?
9. Aylanma harakatdagi mexanik sistemaning aylanish o'qi bosh inertsia o'qi bo'lmasa, qanday hodisa ro'y beradi?
10. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi qattiq jismning inertsia momenti o'zgaruvchan bo'lsa, uning burchakli tezligi ham o'zgaradimi?
11. Mexanik sistemaning muvozanatlik sharti tenglamasini yozib bering?.

”Nazariy mexanika” o’quv mashg’ulotida ta’lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 16: Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O’quv mashg’ulotining shakli va turi</i>	Ma’ruza
<i>Ma’ruza rejasi:</i>	Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o’zgarishi haqidagi teorema. Ishni, quvvatni va kinetik energiya’ni o’zgarishini hisoblashga oid mashqlar.
<i>O’quv mashg’ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda Ishni, quvvatni va kinetik energiya’ni o’zgarishini hisoblashga oid mashqlar tadbiqini o’rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Moddiy nuqta kinetik energiyasining o’zgarishi haqidagi teorema tushunchasini berish - Ishni, quvvatni va kinetik energiya’ni o’zgarishini hisoblashga oid masalasi - Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi oid amaliy ko’nikmalar	<i>O’quv faoliyati natijalari;</i> Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o’zgarishi haqidagi teorema olgan tushunchalari bo’yicha talabalardagi ko’nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta’lim usullari</i>	<i>Ma’ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta’lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta’lim vositalari</i>	<i>Ma’ruza matni, texnik vositalar, plakatlari</i>
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo’ljallangan xonalar, laboratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og’zaki so’rov: tezkor-so’rov kompyuterda test yechish, laboratoriya o’tkazish</i>

Mavzu: Mexanik sistemaning kinetik energiyasi

Mavzuning rejasi

1. Mexanik sistemaning kinetik energiyasi.
2. Ba`zi bir kuchlarning bajargan ishlarini hisoblash.
3. Mexanik sistema kinetik energiyasining o`zgarish teoremasi.
4. Masalalar yechish.

Muammo: Mexanik sistema dinamikasi masalalarini yechishda eng asosiy qiymatlardan biri sistemaning kinetik energiyasi hisoblanadi. Birinchidan mexanik sistemaning nuqtalari turli xil murakkab harakatlarda ishtirok etganda, shu sistemaning to'liq kinetik energiyasini qanday usulda aniqlash masalalari ko'rib o'tiladi. Ikkinchidan shu mexanik sistemaning nuqtalariga ta'sir etayotgan kuchlarning bajargan ishlarini qanday aniqlash va sistemaning to'liq kinetik energiyasini o'zgarishiga nimalar sabab bo'lishi mumkinligi haqidagi masalalar batafsil ko'rib o'tiladi.

16.1 Mexanik sistemaning kinetik energiyasi

Mexanik sistemaning kinetik energiyasi deb, sistema nuqtalarining kinetik energiyalarining algebraik yig'indilaridan iborat bo'lgan skalyar qiymatga aytiladi va uni T harfi bilan belgilanadi, ya'ni

$$T = \sum m_k v_k^2 / 2 \quad (16.1)$$

Kinetik energiya sistemaning ham ilgarilanma, ham aylanma harakatlarining karakteristikasini aniqlab beradi. T ifodaning, bundan oldin ko'rib o'tilgan $\bar{Q}$ va $\bar{K}_O$ karakteristikalaridan asosiy farqi shundan iboratki, kinetik energiya skalyar qiymat bo'lib, har doim faqat musbat ishorali bo'ladi. Shu sababli, uning qiymati sistema qismlarining harakatlari yo'nalishlariga bog'liq bo'lmaydi va ularning harakat yo'nalishlarini harakterlamaydi.

Yana bir muhim holatni ta'kidlab o'tamiz. Ichki kuchlar sistemaning qismlariga o'zaro qarama-qarshi bo'lgan yo'nalishlarda ta'sir etadilar. Shu sababli, yuqorida ko'rib o'tganimizdek, ular (ichki kuchlar) $\bar{Q}$ va $\bar{K}_O$ -larning vektor karakteristikalarini o'zgartirmaydilar. Lekin ichki kuchlar ta'sirida sistema nuqtalari tezliklarining modullari o'zgartirilsa, T - ning qiymati ham o'zgaradi. Demak, kinetik energiyahning $\bar{Q}$ va $\bar{K}_O$ -lardan yana bir farqi shunda ekanki, faqat tashqi emas, balki ichki kuchlarning ta'sirlari orqali ham sistemaning kinetik energiyasi o'zgarishi mumkin ekan.

Agar sistema bir nechta jismlardan tashkil topgan bo'lsa, u holda uning kinetik energiyasi har bir jismlarning kinetik energiyalarining algebraik yig'indilaridan iborat bo'lar ekan.

Qattiq jismning turli harakatlaridagi kinetik energiyasini hisoblash uchun zarur bo'lgan formulalarni keltirib chiqaramiz.

1. I l g a r i l a m a h a r a k a t. Bunday harakatda jismning barcha nuqtalari massa markazining tezligiga teng bo'lgan bir xil tezliklar bilan harakatlanadilar. Demak, ixtiyoriy nuqtaning tezligi v_{kvC} bo'ladi va (16.1) formuladan qo'yidagi ifoda kelib chiqadi

$$T_{\text{итг}} = \sum m_k v_k^2 / 2 = (\sum m_k) v_c^2 / 2$$

yoki

$$T_{илг} = Mv_k^2 / 2 \quad (16.2)$$

Shunday qilib jismning ilgarilanma harakatidagi kinetik energiyasi, uning umumiy massasini massa markazi tezligining kvadratiga bo'lgan ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

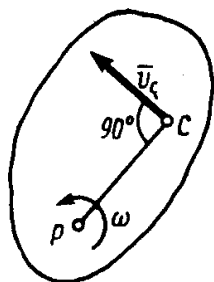
2. Aylanma harakat. Agar jism birorta Oz o'qi atrofida (15.2 shakl) aylanma harakat qilayotgan bo'lsa, uning ixtiyoriy nuqtasining tezligi v_k bo'ladi. Bu yerdagi h_k nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa, ω - jismning burchakli tezligi. Ushbu qiymatni (16.1) formulaga qo'yib umumiy ko'paytmalarni qavsdan tashqariga chiqarib yuborsak,

$$T_{айл} = \sum m_k \omega^2 h_k^2 / 2 = (\sum m_k h_k^2) \omega^2 / 2$$

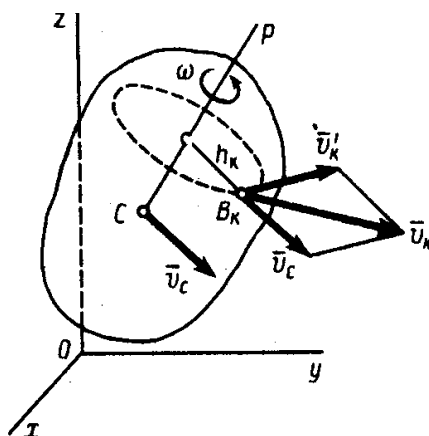
Qavs ichidagi qiymat jismning z - o'qiga nisbatan inertsia momentini ifodalaydi. Shunday qilib, oxirgi natijani olamiz

$$T_{айл} = J_z \omega^2 / 2 \quad (16.3)$$

ya'ni, jismning aylanma harakatidagi kinetik energiyasi uning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momentini uning burchakli tezlik kvadratiga bo'lgan ko'paytmasining yarmiga teng ekan.



16.1 shakl



16.2 shakl

3. Tekislikka parallel harakat¹. Jismning bunday harakatida, ixtiyoriy olingan vaqtda, uning barcha nuqtalarining tezliklari shunday tarqalganki, go'yoki jism harakat tekisligiga perpendikulyar bo'lgan va oniy tezliklar markazi R nuqtadan o'tuvchi o'q atrofida aylanayotgandek (16.1 shakl) hisoblanadi.

Demak (16.3) formuladan

$$T_{\text{tp}} = J_R \omega^2 / 2 \quad (16.3')$$

bu yerdagi J_R - oniy tezliklar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia momenti; ω - jismning burchakli tezligi.

(16.3') dagi J_R - ifodaning qiymati o'zgaruvchan bo'ladi, chunki oniy tezliklar markazi R - ning o'rnini o'zgaruvchan bo'ladi. Shu sababli J_R - ning o'rniga, jismning massalar markazi S nuqtadan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia momenti J_C - ifodani kiritamiz. Jismning massa markazi o'zgarmas bo'lgani uchun J_C - ifodaning qiymati ham o'zgarmas bo'ladi. Gyuygens teoremasiga asosan $J_R = J_C + M d_{RS}^2$ bu yerdagi d_{RS} - J_R - ning ushbu qiymatini (16.3') ga qo'yamiz. R nuqta oniy tezliklar markazi bo'lganligi sababli, $d_{RS} = v_C / \omega$ bo'ladi, bu yerdagi v_C - massa markazi bo'lgan S nuqtaning tezligi. Shularga asosanib, jismning tekislikka parallel harakatidagi kinetik energiyasini aniqlash formulasini keltirib chiqaramiz

$$T_{\text{tp}} = M v_C^2 / 2 + J_S \omega^2 / 2 \quad (16.4)$$

Demak, jismning tekislikka parallel harakatidagi kinetik energiyasi, uning massa markazi tezligi bilan ilgarilanma harakatdagi kinetik energiyasi va uning massa markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanishidan oladigan kinetik energiyasining algebraik yig'indisiga teng ekan.

4. U m u m i y h o l d a g i h a r a k a t². Agar jismning massa markazi S nuqtani qutb (16.2 shakl) deb tanlab olinsa, u holda jismning har qanday harakati umuman olganda, qutbning tezligi v_C bilan bo'lgan ilgarilanma harakatdan va shu qutbdan o'tuvchi SR oniy o'q atrofidagi aylanma harakatlarning yig'indisidan iborat bo'ladi. Xamda kinematikada ko'rsatib o'tilgandek, ixtiyoriy V_k nuqtaning tezligi $\bar{v}_k$, qutbning tezligi v_C bilan, shu nuqtaning qutb (SR o'qi) atrofidagi aylanishidan oladigan $\bar{v}_k'$ -tezlikning vektor yig'indisidan iborat bo'lar ekan, ya'ni $\bar{v}_k = \bar{v}_c + \bar{v}_k'$ bo'ladi. Moduli bo'yicha v_k qwhk, bu yerdagi hk - V_k nuqtadan SR aylanish o'qi orasidagi masofa, ω -jismning burchakli tezligi bo'lib, uning qiymati qutbga bog'liq bo'lmaydi. U holda*

$$\bar{v}_k^2 = v_k^2 = \left(\bar{v}_c + \bar{v}_k' \right)^2 = v_c^2 + \bar{v}_k'^2 + 2\bar{v}_c \cdot \bar{v}_k'$$

v_k^2 -ning, ushbu qiymatini (16.1) ga qo'ysakva v_k qwhk ekanligini e'tiborga olsak

$$T = (\sum m_k) v_c^2 / 2 + (\sum m_k h_k^2) \omega^2 / 2 + \bar{v}_c \sum m_k \bar{v}_k'$$

Umumiy ko'paytmalar qavsdan tashqariga chiqarib yuborilgan.

Olingan tenglikdagi birinchi qavs ichidagi ifoda, jismning umumiy massasini beradi, ikkinchi qavsdagi esa jismning SR oniy aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti JCR dan iborat. $\sum m_k \bar{v}_k'$ -qiymat esa, jismning SR o'q atrofida aylanma harakatidagi harakat miqdori hisoblanadi va shu sababli u nolga teng bo'ladi, ya'ni $\sum m_k \bar{v}_k' = 0$.

Natijada,

$$T = M v_c^2 / 2 + J_c \omega^2 / 2 \quad \text{bo'ladi.} \quad (16.5)$$

Shunday qilib, qattiq jismning umumiy harakatidagi (xususiy holda tekislikka parallel harakatdagi) kinetik energiyasi, massa markazining tezligiga teng tezlik bilan ilgarilanma harakatidagi kinetik energiya va massa markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanishidan hosil bo'ladigan kinetik energiyahning algebraik yig'indisidan iborat ekan.

Agar qutb sifatida massa markazi S -dan boshqa, masalan, birorta A nuqtani tanlab olsak, u holda AR oniy aylanish o'qi massa markazidan o'tmasligi mumkin, shu sababli bunday o'q uchun $\sum m_k \bar{v}_k' \neq 0$ bo'lib (16.5) formula kelib chiqmaydi.

Misollarni ko'rib chiqamiz.

16.1 masala. Massasi M ga teng bo'lgan tsilindrsimon yaxlit g'ildirakning sirpanmay dumalayotgan harkatidagi kinetik energiyasi aniqlansin. Massa markazi S nuqtaning tezligi v_C -ga teng.

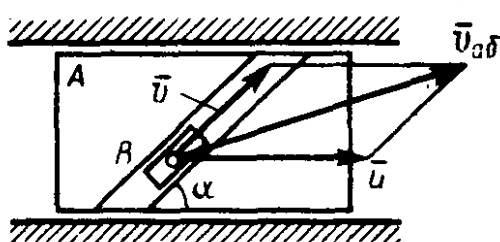
ye ch i sh. G'ildirak tekislikka parallel harakat qilmoqda. Uning kinetik energiyasi (16.4) yoki (16.5) formula orqali aniqlanadi:

$$T = M v_c^2 / 2 + J_c \omega^2 / 2$$

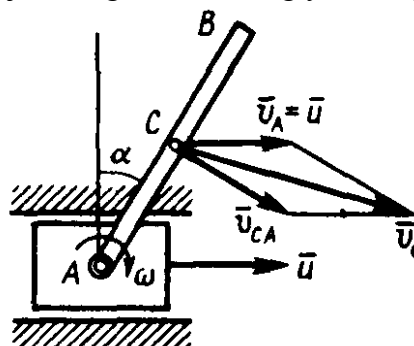
G'ildirakni bir jinsli yaxlit tsilindr deb hisoblaymiz; u holda $J_{CqMR^2/2}$, bu yerdagi R -tsilindrning radiusi. Ikkinchi tomondan, V nuqta g'ildirak uchun oniy tezliklar markazi bo'lgani uchun $v_{Cq} = v_{Sq}R$, bundan $v_{Cq} = v_{CG}R$ bo'ladi. Ushbu qiymatlarni qo'ysak,

$$T = Mv_c^2/2 + MR^2v_c^2/4R^2 = (3/4)Mv_c^2$$

16.2 masala. $\bar{u}$ -tezlik bilan ilgarilanma harakat qilayotgan A detalda yo'naltiruvchi ariqcha ochilgan bo'lib, shu ariqchaning ichi bo'ylab massasi m bo'lgan V jism $\bar{v}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar a ma'lumbo'lsa (16.3 shakl) V jismning kinetik energiyasi aniqlansin.



16.3 shakl



16.4 shakl

E ch i sh. V jismning absolyut harakati ilgarilanma bo'lib, uning tezligi $\bar{v}_{abs} = \bar{v}_Q + \bar{u}$ bo'ladi. U holda

$$T_{qm} = \frac{1}{2} m v_{a6c}^2 = \frac{1}{2} m (v_Q^2 + u^2 + 2vu \cos \alpha)$$

Shunga e'tibor qilish lozimki, agar jism murakkab harakat qilsa, uning to'liq kinetik energiyasi nisbiy va ko'chirma harakatlaridagi kinetik energiyalarining yig'indisiga teng bo'lmas ekan. Masalan, ushbu masalada

$$T_{nis} = \frac{1}{2} m v_{a6c}^2 = \frac{1}{2} m v_Q^2 + \frac{1}{2} m u^2 + m v_Q u \cos \alpha$$

16.3 masala. Mexanizmning bir qismi $\bar{u}$ tezlik bilan ilgarilanma harakat qiluvchi detal (16.4 shakl) va undagi A o'qqa sharnir orqali o'rnatilgan AV sterjendan iborat bo'lib, sterjenning uzunligi $AV = l$, massasi M . Sterjen A o'q atrofida (shaklda ko'rsatilgan yo'nalishda) ω -burchakli tezlik bilan aylanma harakat qilmoqda. Berilgan α burchakka bog'liq ravishda sterjenning kinetik energiyasi aniqlansin.

E ch i sh. Sterjen murakkab (tekislikka parallel) harakat qilmoqda. (16.4) yoki (16.5)

formulaga asosan $T_{qm} = \frac{1}{2} M v_C^2 + \frac{1}{2} J_A \omega^2$.

S nuqtaning tezligi $\bar{v}_A = \bar{u}$ tezlik va $\bar{v}_{SA}$ (yoki $\bar{v}_{nis}$) tezliklarning vektor yig'indisidan iborat bo'ladi va $v_{CA} = l\omega$. Demak (16.4 shakl) $v_C^2 = u^2 + v_{CA}^2 + 2uv_{CA} \cos \alpha$. Sterjenning massasi markazi atrofida aylanishdagi burchakli tezlik ham A nuqta atrofidagi aylanishdagiga teng bo'ladi, chunki ω -ning qiymati qutbga bog'liq emas. $J_{Cq} = \frac{1}{12} M l^2$ ga teng ekanligini e'tiborga olib, bu qiymatlarni yuqoridagi formulaga qo'ysak, qo'yidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$T_{qm} = \frac{1}{2} M (u^2 + l^2 \omega^2 + 2ul\omega \cos \alpha) + \frac{1}{24} M l^2 \omega^2 = \frac{1}{24} M l^2 \omega^2 (3 + 4 \cos^2 \alpha) + M u l \omega \cos \alpha$$

E'tibor bergan bo'lsangiz, ushbu masalada

$$T_{qilg} = \frac{1}{2} J_{Ayl} \omega^2 = \frac{1}{2} M l^2 \omega^2$$

bo'ladi, deb hisoblash mumkin emas ekan. Bu javob noto'g'ri, chunki yuqoridagi teorema asosan isbot qilingan $T_{qilg} = \frac{1}{2} J_{Ayl} \omega^2$ formula faqat massa markazidan o'tuvchi o'q uchunгина o'rinli xolos, ushbu masalada esa A o'q, massa markazidan o'tmaydi.

Ushbu holat, keyingi punktda ko'rib o'tiladigan qattiq jismning umumiy harakatining xususiy holi sifatida keltirib chiqarilishi mumkin.

Ikkita vektorning skalyar ko'paytmasining taorifiga binoan $\vec{v}^2 \mathbf{q} \vec{v} = \vec{v} \mathbf{q} \vec{v}$ $\vec{v} \mathbf{q} \vec{v} = \vec{v} \mathbf{q} \vec{v}$, ya'ni vektorning skalyar kvadrati uning modulining kvadratiga teng bo'ladi. bu yerda shu natijadan foydalanilgan; keyingi mavzularda ham bu qoidani eslatib o'tmasdan foydalanamiz.

16.2 Ishni hisoblashning ayrim hollari

Kuchlarning bajargan ishlari 21.5§ va 22.1§ larda keltirib chiqarilgan formulalar orqali hisoblanadi. Qo'yidagi ayrim qo'shimcha hollarni ko'rib o'tamiz.

1. Sistemaga ta'sir etuvchi og'irlik kuchlarining bajargan ishlarini hisoblash. Og'irligi r_k bo'lgan zarrachaning og'irlik kuchini bajargan ishi $r_k(z_{k0}-z_{k1})$ bo'ladi, bu yerdagi z_{k0} va z_{k1} -lar zarrachaning boshlang'ich va oxirgi holatining koordinatalari (22.1§ ga q.). U holda, $r_k z_k q R z_C$ -ni e'tiborga olib, sistemaga ta'sir etuvchi barcha og'irlik kuchlarining bajargan ishlarini aniqlaymiz:

$$Aq = r_k z_{k0} - r_k z_{k1} q R(z_{C0} - z_{C1}).$$

Ushbu natijani boshqacha tarzda ham ifodalash mumkin, ya'ni

$$Aq = R h_C$$

bu yerdagi R -sistemaning umumiy og'irligi, h_C -massa markazi (yoki og'irlik markazi)ni vertikal ko'chishi. Demak, sistemaga ta'sir etuvchi og'irlik kuchlarining bajargan ishlari shu kuchlarning bosh vektori (qattiq jism uchun, teng ta'sir etuvchi kuch vektori) $\vec{P}$ -ning massa markazi (yoki og'irlik markazi)ni ko'chishida bajargan ishiga teng bo'lar ekan.

2. Aylanayotgan jismga qo'yilgan kuchlarning bajargan ishlarini hisoblash. Aylanayotgan jismga qo'yilgan $\vec{F}$ -kuchining (16.5 shakl) elementar (21.5§ ga q.) ishi

$$dAq = \vec{F} \cdot d\vec{s} = F \cdot h_C d\varphi,$$

chunki $d\vec{s} = h_C d\varphi$, bu yerdagi $d\varphi$ -jismning elementar burilish burchagi.

Lekin, ko'rinib turgandek¹, $F \cdot h_C = M_z(F)$. $M_z(F)$ qiymatni *burovchi moment* deb ataladi. U holda

$$dAq = M_z d\varphi \quad \text{ni aniqlaymiz.} \quad (16.6)$$

Demak, ushbu masalada *elementar ish, kuchning bosh momentini elementar burilish burchagiga bo'lgan ko'paytmasiga teng ekan*. (16.6) formula jismga birvarakayiga bir nechta kuchlar ta'sir etganda ham o'rinli bo'ladi, chunki

$$M_z = \sum m_z(\vec{F}_k) \text{ bo'ladi.}$$

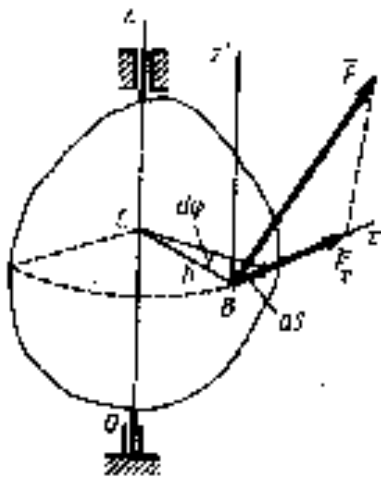
Agar jism ma'lum φ_1 burchakka burilsa, bajarilgan ish

$$A = \int_0^{\varphi_1} M_z d\varphi \quad (16.7)$$

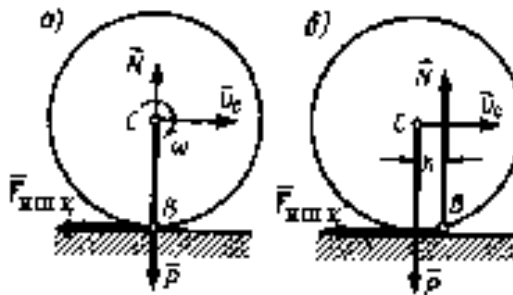
agar burovchi moment o'zgarmas bo'lsa,

$$A = M_z \varphi_1 \quad \text{bo'ladi.} \quad (16.7')$$

Agar jismga Oz o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikda joylashgan juft kuch ta'sir etsa, u holda (16.6) -(16.7') formulalarida M_z , shu juftning momenti ekanligini bildiradi.



16.5 shakl



16.6 shakl

Bunday hollarda quvvatni qanday aniqlanishligini ko'rsatib o'tamiz (21.5§ ga q.). (16.6) tenglikdan foydalanib, quvvatni aniqlash formulasini yozamiz:

$$Nq dA G' dt q M_z \square d \square G' dt q M_z \square.$$

Demak, aylanayotgan jismga ta'sir etuvchi kuchning quvvati burovchi momentning burchakli tezlikka bo'lgan ko'paytmasiga teng ekan. Quvvat o'zgarmagan holda, burchakli tezlik qancha kamaytirilsa burovchi moment tegishlicha ortadi.

3. Dumalab ketayotgan jismga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchining bajargan ishini hisoblash. Biror tekislik (sirt) ustida sirpanmasdan dumalab ketayotgan (16.6 shakl) R radiusli g'ildirakka, uning V nuqtasida g'ildirakning tekislik ustida sirpanishiga qarshilik ko'rsatuvchi $\bar{F}_{\text{irpanish}}$ kuchi ta'sir etmoqda.

Bu kuchning bajargan elementar ishi $dAq \bar{F}_{\text{irpanish}} \square ds_B$ bo'ladi. Lekin, ushbu holda V nuqta oniy tezliklar markazi bilan bir nuqtada joylashgan, shu sababli $v_B q 0$. Va $ds_B q v_B \square dt$ bo'lgani uchun har bir elementar ko'chishdagi bajarilgan elementar ish nolga teng bo'ladi, ya'ni $dAq 0$.

Demak, *sirpanmay dumalayotgan jismning ixtiyoriy ko'chishida, sirpanishga qarshilik ko'rsatayotgan ishqalanish kuchining bajargan ishi nolga teng ekan*. Shu sababli, agar jism uning V nuqtasiga qo'yilgan normal $\bar{N}$ reaksiya kuchi ta'sirida deformatsiyalanmasa, u holda bu $\bar{N}$ kuchning bajargan ishi ham nolga teng bo'ladi.

Dumalashdagi qarshilik kuchining momenti $M \square k \square N$ ga teng bo'lgan va g'ildirak bilan tekislik orasidagi deformatsiyalanish natijasida paydo bo'ladigan $\bar{N}$, $\bar{P}$ kuchlardan iborat juftni hosil qiladi, bu yerdagi k -dumalashdagi ishqalanish koefitsienti. U holda, g'ildirakning dumalashdagi burilish burchagi $d \square q ds_c G' R$ formula orqali ifodalanishligini e'tiborga olib, (16.6) formulaga asosan

$$dA^{\text{dum}} q - k N d \square q - \frac{k}{R} N ds_c, \quad (16.8)$$

bu yerdagi ds_c - g'ildirakning S markazini elementar ko'chishi.

Agar $N q \text{const}$ bo'lsa, dumalashdagi qarshilik kuchlarining bajargan ishlari

$$A^{\text{dum}} q - k N \square_1 q - \frac{k}{R} N s_c \text{ bo'ladi.} \quad (16.8')$$

Lekin $h G' R$ qiymat kichkina bo'lganligi sababli, boshqa qarshiliklar mavjud bo'lgan hollarda dumalashdagi qarshilikni e'tiborga olmasa ham bo'ladi.

Agar $\bar{F}$ -kuchni $V \square$, $V S$ va $B z'$ (307 shaklga q.) yo'nalishlari bo'yicha tashkil etuvchilarga ajratib yuborsak, u holda $m_z(\bar{F}) q m_z(\bar{F} \square)$ bo'ladi, chunki qolgan ikkita tashkil etuvchilarning momentlari nolga teng bo'ladi.

16.3 Sistema kinetik energiyasining o'zgarishi

haqidagi teorema

Ilgari isbot qilingan moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarish teorema, sistemaning ixtiyoriy nuqtalari uchun o'rinli hisoblanadi. Shu sababli, agar sistemaning massasi m_k , tezligi v_k -bo'lgan ixtiyoriy nuqtasi uchun

$$d(m_k v_k^2 / 2) = dA_k^e + dA_k^i \quad \text{bo'ladi.}$$

Bu yerdagi dA_k^e va dA_k^i -lar sistema nuqtalariga ta'sir etayotgan, tashqi va ichki kuchlarning elementar bajargan ishlari. Bunday tenglamalarni sistemaning har bir nuqtasi uchun tuzamiz va ularni hadma-had qo'shib chiqamiz, natijada

$$d(\sum m_k v_k^2 / 2) = \sum dA_k^e + \sum dA_k^i$$

yoki

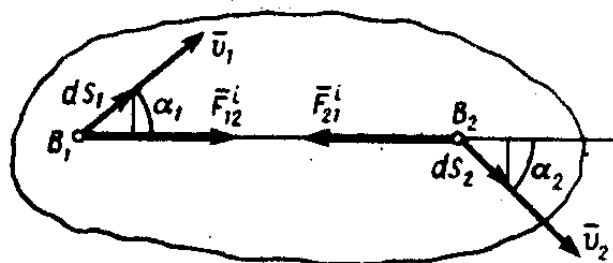
$$dT = \sum dA_k^e + \sum dA_k^i \quad \text{bo'ladi.} \quad (16.9)$$

(49) tenglama, sistema kinetik energiyasining o'zgarishi teoremasining differentsial ko'rinishini ifodalaydi. Ushbu tenglikning ikkala tomonini, sistemaning qandaydir tanlangan tegishli boshlang'ich holatidagi kinetik energiyasi T_0 -dan, uning ixtiyoriy tugal ko'chishidan keyingi kinetik energiyasi T_1

$$T_1 - T_0 = \sum A_k^e + \sum A_k^i \quad \text{bo'ladi.} \quad (16.10)$$

Ushbu tenglama sistema kinetik energiyasi o'zgarishi teoremasining boshqa (integral) ko'rinishi bo'lib: *sistemaning ma'lumbir tugal ko'chishidagi kinetik energiyasining o'zgarishi, sistemaga qo'yilgan barcha tashqi va ichki kuchlarning shu ko'chishda bajargan ishlarining yig'indisiga teng.*

Oldingi teoremalardan farqli ravishda (16.9) va (16.10) tenglamalarda ko'rsatilgandek, ichki kuchlar tenglamadan chiqarib tashlanmaydi. Xaqiqatdan ham, agar $\vec{F}_{12}^i$ va



16.7 shakl.

$\vec{F}_{21}^i$ sistemaning V_1 va V_2 nuqtalarining o'zaro ta'sir kuchlaridan iborat bo'lsalar (16.7 shakl), u holda $\vec{F}_{12}^i + \vec{F}_{21}^i = 0$ bo'ladi. Lekin bu oboekt qattiq jism bo'lmaganligi uchun, unga qo'yilgan kuchlar ta'sirida V_1 nuqta V_2 tomonga qarab harakatlanadi, ya'ni V_2 nuqta V_1 tomonga qarab harakatlanadi. Sistema nuqtalarining

bunday ko'chishlarida har bir kuchning bajargan ishi musbat bo'ladi, shu sababli ularning yig'indilari nolga teng bo'lmaydi.

Masalan to'pdan o'q otilganda, otilgan to'p (snaryad) bilan zambarak bitta mexanik sistemadan iborat bo'lganligi uchun, poroxning yonishidan paydo bo'lgan gazlarning bosim kuchlari ichki kuchlar hisoblansada ma'lumish bajaradilar va sistemaning qismlariga tegishlicha tezlik beradilar.

Ikkita muhim xususiy holni ko'rib o'tamiz.

1. Shakli o'zgarmaydigan mexanik sistema. Agar sistemaning har qanday harakatida, uning ixtiyoriy olingan ikkita nuqtalari orasidagi masofalar o'zgarmaydigan bo'lsa, bunday sistema *o'zgarmaydigan* mexanik sistema deb ataladi.

O'zgarmaydigan ($V_1 V_2 q \text{const}$) sistemaning bir-birlariga $\vec{F}_{12}^i$ va $\vec{F}_{21}^i$ kuchlar bilan o'zaro ta'sir ko'rsatayotgan ikkita V_1 va V_2 nuqtalarini (16.7 shaklga q.) olib ko'raylik. U holda, $V_1 V_2$ kesmaning harakatida $v_1 \cos \alpha_1 v_2 \cos \alpha_2$ bo'ladi, shu sababli $ds_1 \cos \alpha_1 q ds_2 \cos \alpha_2$ bo'ladi. Chunki $ds_1 q v_1 dt$ va $ds_2 q v_2 dt$ (v_1, v_2 va ds_1, ds_2 -lar V_1 va V_2 nuqtalarning tegishli tezlik va ko'chishlaridan iborat). Undan tashqari $\vec{F}_{12}^i$ q $\vec{F}_{21}^i$. Natijada, bu kuchlarning elementar ishlarining yig'indisi uchun qo'yidagi ifodani yozamiz:

$$dA_1 Q dA_2 q \vec{F}_{12}^i ds_1 \cos \alpha_1 - \vec{F}_{21}^i ds_2 \cos \alpha_2 q 0$$

Shunday natijalarni o'zaro ta'sir ko'rsatayotgan ixtiyoriy olingan ikkita moddiy nuqta uchun ham yozishimiz mumkin. Natijada qo'yidagi xulosaga kelamiz, ya'ni *o'zgarmaydigan sistemaning barcha ichki kuchlarining bajargan ishlarining yig'indisi nolga teng bo'ladi*. Shunga asosan (16.9) yoki (16.10) tenglamalar qo'yidagi ko'rinishga keladilar,

$$dTq \square dA_k^e \text{ va } T_1 - T_0 q \square A_k^e \quad (16.11)$$

2. Ideal bog'lanishli mexanik sistema. Sistemaga vaqt mobaynida o'zgarmaydigan bog'lanishlar qo'yilgan bo'lsin. Sistemaning nuqtalariga ta'sir etuvchi barcha tashqi va ichki kuchlarni aktiv va reaksiya kuchlariga ajratib yuboraylik. U holda, (16.9) tenglama qo'yidagi ko'rinishga keladi:

$$dTq \square dA_k^a Q \square dA_k^r,$$

bu yerdagi dA_k^a -sistemaning k -nuqtasiga ta'sir etuvchi tashqi va ichki aktiv kuchlarning bajargan elementar ishlariva dA_k^r - sistemaning shu nuqtasiga ta'sir etuvchi tashqi va ichki reaksiya kuchlarning elementar bajargan ishlari.

Ko'rib turganimizdek, sistemaning kinetik energiyasini o'zgarishi aktiv kuchlarning va bog'lanishlar reaksiya kuchlarining bajargan ishlariga bog'liq ekan. Lekin «ideal» mexanik sistema deb ataladigan shunday sistemalar bor ekanki, ularga qo'yilgan bog'lanishlar sistemaning kinetik energiyasini o'zgarishiga aslo ta'sir ko'rsatmas ekan. Bunday bog'lanishlar uchun, qo'yidagi shart bajarilishi lozim:

$$\square dA_k^r q 0 \quad (16.12)$$

Agar vaqt mobaynida o'zgarmaydigan bog'lanishlar reaksiyalarining sistemani elementar ko'chishida bajargan ishlari nolga teng bo'lsa, bunday bog'lanishlar *ideal* deb ataladilar. Bizga ma'lum bo'lgan qator ideal bog'lanishlar bilan tanishib chiqamiz.

Agar jismga qo'yilgan bog'lanish ideal silliq bo'lib, ishqalanish kuchi nolga teng bo'lgan qo'zg'almas yuzadan iborat bo'lsa, jismning shu yuza (egri chiziq) bo'ylab qilgan harakatida, bog'lanishning reaksiya kuchi N -ning bajargan ishi nolga teng bo'lar ekan. So'ngra, 16.2§ da ko'rsatib o'tildiki, agar jism g'adir-budur tekislik ustida sirpanmay dumalab harakatlansa va ularning o'zaro uchrashgan (kontakt) nuqtalarida deformatsiya sodir bo'lmasa, u holda yuzaning normal reaksiyasi $\vec{N}$ -ning va ishqalanish kuchi $\vec{F}^{\text{ишл}}$ (ya'ni, reaksiyahning urinma tashkil etuvchisi)ning bajargan ishlari nolga teng bo'lar ekan.

Xamda, agar ishqalanishlar e'tiborga olinmasa, sharnirning reaksiyasi $\vec{R}$ -ning bajargan ishi ham nolga teng bo'ladi, chunki sistemaning har qanday harakatida $\vec{R}$ kuchining qo'yilgan nuqtasi o'zgarmasdan qoladi. Va nihoyat, agarda 16.7 shakldagi V_1 va V_2 moddiy nuqtalarni bir-birlari bilan qattiq (cho'zilmaydigan, siqilmaydigan) $V_1 V_2$ sterjen orqali mustahkam qilib o'rnatib qo'yilgan deb faraz qilsak, u holda $\vec{F}_{12}^i$ va $\vec{F}_{21}^i$ kuchlari sterjenlarning

reaktsiyalaridan iborat bo'ladi, shu sababli sistemaning harakatida ushbu reaksiya kuchlarining har birini bajargan ishlari nolga teng emas, lekin yuqorida isbot qilganimizdek ularning yig'indisi nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, yuqorida sanab o'tilgan bog'lanishlarni, ularning ayrim kamchiliklarini hisobga olmagan holda ideal bog'lanishlar deb hisoblanadi.

Agar, mexanik sistemaga qo'yilgan bog'lanishlar, faqat vaqt mobaynida o'zgarmaydigan ideal bog'lanishlardan iborat bo'lsa, yuqoridagi tenglik qo'yidagicha bo'ladi:

$$dT_k = dA_k^a \quad \text{va} \quad T_1 - T_0 = dA_k^a \quad (16.13)$$

Shunday qilib vaqt mobaynida o'zgarmaydigan ideal bog'lanishlar qo'yilgan sistemaning har qanday harakatidagi kinetik energiyasini o'zgarishi, shu sistemaga qo'yilgan tashqi va ichki *aktiv* kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Oldingi barcha teoremlarda, barcha ichki kuchlarni tenglamalardan chiqarib tashlash mumkin edi, lekin barcha tashqi kuchlar hamda tashqi bog'lanishlarning noma'lum bo'lgan reaksiya kuchlari tenglamalarda saqlanib qolinar edi. Sistema kinetik energiyasi o'zgarish teoremasining muhim amaliy ahamiyati shundan iboratki, uning yordamida vaqt mobaynida o'zgarmaydigan barcha ideal bog'lanishlarning oldindan noma'lum bo'lgan reaksiya kuchlarini harakat tenglamalaridan chiqarib tashlanishiga imkon beradi.

16.4 Masalalar yechish.

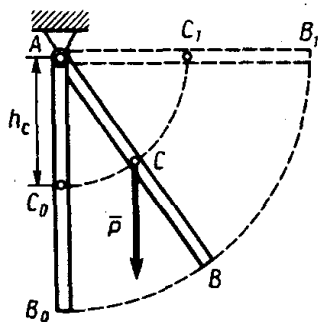
Agar harakatdagi sistema o'zgarmaydigan bo'lsa, kinetik energiyahning o'zgarish teoremasi noma'lum bo'lgan barcha ichki kuchlarni vaqt mobaynida o'zgarmaydigan barcha tashqi ideal bog'lanishlarning oldindan noma'lum bo'lgan reaksiya kuchlarini harakat tenglamalaridan chiqarib tashlanishiga imkon beradi.

Agar harakatdagi sistema o'zgaruvchan bo'lsa, ushbu teorema yordamida faqat ichki kuchlarning ma'lum bo'lgan hollaridagina yechimga ega bo'ladi. Agar bunday (ichki) kuchlar noma'lum bo'lsa, u holda masalalarni faqat shu teorema orqaligina yechib bo'lmaydi.

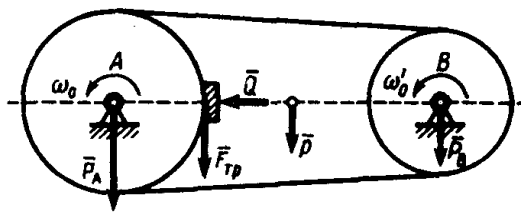
(16.10) tenglama yordamida faqat qo'yidagi: 1) sistemaga qo'yilgan kuchlar; 2) *sistemaning harakatidagi tugal ko'chishi*; 3) jismlarning boshlang'ich va oxirgi (chiziqli yoki burchakli) tezliklarining qiymatlari berilgan hollardagina yechimlar olish mumkin bo'ladi. Xamda sistemaga qo'yilgan kuchlar faqat o'zgaras yoki o'tilgan yo'l(masofa)ga bog'liq ravishda o'zgaruvchan funktsiyalardan iborat bo'lishlari shart.

Yana bir muhim narsa shuki, kinetik energiyaning o'zgarish teoremasi yordamida, (agar sistemaning holati faqat bitta parametr orqali aniqlansa), sistemaning differentsial tenglamasini tuzishga imkoniyat hosil bo'ladi, xususiyl holda harakatdagi jismlarning tezlanishlarini aniqlash mumkin bo'ladi. Bunday masalada sistemaga ta'sir etayotgan kuchlar ixtiyoriy ravishdagi funktsiyalardan iborat bo'lishlari mumkin

16.4 masala. Uzunligi l -ga teng bo'lgan AV sterjen sharnir orqali qo'zg'almas A nuqtaga osib qo'yilgan (16.8 shakl). Sharnirdagi ishqalanishni hisobga olmasdan shu sterjenni gorizontol holatga keltirish uchun zarur bo'lgan eng kichik burchakli tezlikning qiymati aniqlansin.



16.8 shakl



16.9 shakl

E ch i sh. Berilgan qiymatlar sifatida ω_0 , ω'_0 va *sistemaning* V_0AV_1 burchak orqali aniqlanadigan *ko'chishi* berilgan. Shu sababli, bu masalani kinetik energiyahning o'zgarish

teoremasi yordamida yechish qulayroq hisoblanadi. Sistema o'zgarmaydigan bo'lgani uchun, (16.11) tenglamalarni tuzamiz

$$T_1 - T_0 \cos \alpha_k = A_k^e \quad (a)$$

Sterjenning massasini M harfi bilan belgilab, ushbu tenglamaga kiruvchi barcha qiymatlarni hisoblab chiqamiz. (16.3) formula va 102§ dagi (6) formula yordamida

$$T_0 \cos \alpha_k \omega_0^2 G^2 q M l^2 \omega_0^2 G^2 \sin \alpha_k \quad \text{ni aniqlaymiz.}$$

Sterjenning oxirgi holatidagi tezligi nolga teng bo'lgani uchun $T_1 = 0$ bo'ladi. Sistemaga qo'yilgan bog'lanish (A sharnir) ideal bo'lganligi sababli ishni faqat aktiv $\bar{P} \cos \alpha_k$ kuch bajaradi, ya'ni $A^e \cos \alpha_k - M g l \cos \alpha_k$. Ushbu qiymatlarni (a) tenglamaga qo'ysak,

$$-M l^2 \omega_0^2 G^2 \sin \alpha_k - M g l \cos \alpha_k \quad \text{bundan} \quad \cos \alpha_k = \sqrt{3g/l} \quad \text{bo'ladi.}$$

16.5 masala. Tasma (remen) orqali bog'langan A va V shkivlar (16.9 shakl), shunday aylanma harakatda bo'ladilarki, dvigatel o'chirilgandan keyin A shkivning burchakli tezligi ω_0 bo'ladi. Shkivlarning umumiy og'irligi R , tasma (remen)ning og'irligi r . Aylanishni tormozlash uchun tormoz kolodkalari radiusi R ga teng bo'lgan A shkivni kuch bilan siqadilar. O'qlardagi ishqalanishni hisobga olmasdan va shkivlarni yaxlit disklardan iborat deb hisoblab A shkiv to'xtaguncha necha marta aylanishi aniqlansin.

ye ch i sh. A shkivning to'xtagunicha bo'ladigan aylanishlar soni N_A - ni aniqlash uchun (16.11) tenglamadan foydalanamiz

$$T_1 - T_0 \cos \alpha_k = A_k. \quad (a)$$

Kinetik energiyahni hisoblashda shuni unutmaslik lozimki, *sistemaning kinetik energiyasi har doim uning har bir qismlarining kinetik energiyalarining algebratik yig'indisidan iborat bo'ladi.* Masalaning shartiga ko'ra $T_1 = 0$ va $T_0 \cos \alpha_k = T_A \cos \alpha_k + T_V \cos \alpha_k$ bo'ladi. Tasma (remen)ning barcha nuqtalarining boshlang'ich tezliklari $v_{ro} \cos \alpha_k = R \omega_0 \cos \alpha_k$ bo'ladi, bu yerdagi ω_0 va r -lar boshlang'ich burchakli tezlik va V shkivning radiusi. (16.3) va (8) formulalar yordamida:

$$T_A \cos \alpha_k \omega_0^2 G^2 q (R_A^2 G^2 + 4g) \omega_0^2, \\ T_B \cos \alpha_k \omega_0^2 G^2 q (R_B^2 G^2 + 4g) r^2 \omega_0^2 q (R_B^2 G^2 + 4g) R^2 \omega_0^2, \\ T_r \cos \alpha_k v_{p0}^2 G^2 q r R^2 \omega_0^2 G^2 \sin \alpha_k \quad \text{bo'ladi.}$$

Oxirgi tenglik remenning barcha nuqtalarining tezliklarini modullari o'zaro teng ekanliklariga asoslanib hisoblandi. $R_A \cos \alpha_k = R \cos \alpha_k$ bo'lganligi sababli

$$T_0 \cos \alpha_k (R^2 \omega_0^2 G^2 + 4g) \quad \text{hosil bo'ladi.}$$

Kuchlarning bajargan ishlarini hisoblaymiz. Ushbu masalada og'irlik kuchlarining bajargan ishlari nolga teng, chunki shkivlarning va remenning og'irlik markazlari harakat davomida qo'zg'almaydi. Ishqalanish kuchi $F_{ishq} = \mu F_N$. Uning bajargan ishini (16.7') formula orqali aniqlaymiz

$$A_{ishq} = (fQR) \cos \alpha_k - fQR \cos \alpha_k N_{ayl}$$

Aniqlangan barcha qiymatlarni (a) ga qo'ysak, masalaniing javobini olamiz, ya'ni

$$N_{ayl} = \frac{(P + p) R \omega_0^2}{8 \pi g f Q} \quad \text{bo'ladi.}$$

16.6 masala. Qiyaligi $\alpha = 30^\circ$ ni tashkil etuvchi tekislik ustidagi aravachani o'zgarmas $Q = 160$ N kuch bilan yuqoriga qarab tortilmoqda (16.10 shakl). Aravacha platformasining og'irligi $R = 180$ N to'rtta yaxlit g'ildiraklarining har birining og'irligi $q = 20$ N. Qo'yidagilarni aniqlash kerak: 1) aravachaning $l = 4$ m masofani bosib o'tgan vaqtdagi

ilgarilanma v_1 tezligi aniqlansin; 2) aravachaning tezlanishi aniqlansin. G'ildiraklar sirpanmasdan aylanadi, dumalashdagi qarshilik kuchi hisobga olinmasin.

ye ch i sh. 1. Aravachaning v_1 tezligini aniqlash uchun (16.11) tenglamadan foydalanamiz

$$T_1 - T_0 = q \cdot A_k^e \quad (a)$$

Ushbu masalada $T_0 = 0$ va $T_1 = q \cdot T_{pl} \cdot Q \cdot T_{g'il}$. Aravacha ilgarilanma harakat qiladi, yaxlit g'ildiraklarning dumalashidagi kinetik energiyasi 16.1 masaladagidek (16.1§ ga q.) bo'ladi. Demak

$$T_1 = q \cdot R \cdot v_1^2 \cdot G' \cdot 2g \cdot Q \cdot 4(3r \cdot v_1^2 \cdot G' \cdot 4g) \cdot q \cdot (R \cdot Q \cdot 6r) \cdot v_1^2 \cdot G' \cdot 2g \quad \text{bo'ladi.}$$

Ishni $\bar{Q}$ kuchi va $\bar{P} \cdot Q \cdot 4 \cdot \bar{P}$ ga teng bo'lgan $\bar{P}_1$ og'irlik kuchlari bajaradi. Sirpanishdagi qarshilik kuchining va tekislikning normal reaksiyasini bajargan ishlari nolga teng bo'ladi (16.2§ ga q.). Xisoblashlar orqali

$$A(\bar{Q}) \cdot q \cdot q \cdot l, \quad A(\bar{P}_1) \cdot q \cdot (R \cdot Q \cdot 4r) \cdot h_c \cdot q \cdot (R \cdot Q \cdot 4r) \cdot l \cdot \sin \alpha \quad \text{topamiz.}$$

Ushbu topilgan qiymatlarni (a) tenglamaga qo'ysak

$$(R \cdot Q \cdot 6r) \cdot v_1^2 \cdot G' \cdot 2g \cdot q \cdot [q \cdot (R \cdot Q \cdot 4r) \cdot l \cdot \sin \alpha], \quad (b)$$

bundan

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gl[Q - (P + 4p) \sin \alpha]}{P + 6p}} \approx 2,8M/c \quad \text{bo'ladi.}$$

2. Yuqoridagi (b) tenglamadan foydalanib, aravachaning tezlanishini aniqlash uchun: (b) tenglikdagi $v_1 \cdot q \cdot v$ va l (butun sistemaning holatini aniqlovchi parametr)-ni o'zgaruvchan deb hisoblaymiz. U holda tenglamaning ikkala tarafidan vaqt bo'yicha hosila olib qo'yidagini yozamiz:

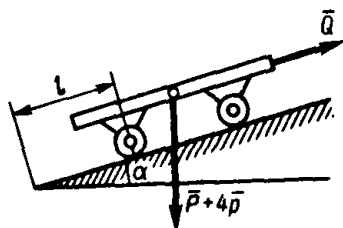
$$[(P + 6p)/g] \cdot v \cdot \frac{dv}{dt} = [Q - (P + 4p) \sin \alpha] \cdot \frac{d\lambda}{dt}$$

Lekin $d\lambda/dt = v$ va $dv/dt = a$. Tenglikni ikkala tomonini v -ga qisqartirsak

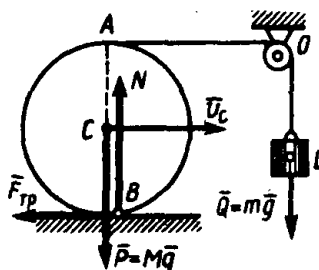
$$a = \frac{Q - (P + 4p) \sin \alpha}{P + 6p} \approx 0,98M/c^2 \quad \text{kelib chiqadi.}$$

Ushbu masalada tezlanishni aniqlash uchun kinetik energiyahning o'zgarishi teoremasidan foydalanilganligiga e'tiboringizni qaratmoqchimiz.

16.7 masala. Radiusi R va massasi M bo'lgan tsilindrsimon katokka O blokdan oshirib tashlangan ip o'ralgan (16.11 shakl) bo'lib ipning pastki uchiga m massali D yuk osib qo'yilgan. Agar $v_{C0} = 0$ bo'lsa, katokning markazi S nuqtaning tezligi v_C -ni katok S masofani bosib o'tgandagi qiymati aniqlansin. Katokning dumalab ishqalanish koeffitsienti k , katokning o'qiga nisbatan inertsia radiusi I_S . Ipning va O blokning massalari hisobga olinmasin.



16.10 shakl



16.11 shakl

ye ch i sh. 1. Katokning massa markazi S nuqtaning tezligini qo'yidagi tenglama orqali aniqlaymiz

$$T - T_0 = A_k^e \quad (a)$$

Ushbu masalada T_0 va T_{kat} hamda (16.2), (16.4) va (4) formulalar orqali

$$T_D = m v_D^2 / 2, \quad T_{kat} = M v_C^2 / 2 + Q M \rho_C^2 / 2$$

larni aniqlaymiz. V nuqta oniy tezliklar markazi bo'lgani uchun $v_C = v_D / R$ va $v_D = v_C R$. Demak,

$$T_D = [4mQM(1 + Q \rho_C^2 / R^2)] v_C^2 / 2 \text{ bo'ladi.}$$

Ishni $Q \sin \alpha$ va N , P ($P \cos \alpha$) juft kuchlar bajaradi. $v_D = v_C$ bo'lganligi uchun D yukning ko'chishi $h/2$ bo'ladi, bu yerdagi s - katokning markazi S nuqtaning ko'chishi. $A(Q) \sin \alpha = mgs$. Dumalanishda ko'rsatilgan qarshilik kuchining bajargan ishini (16.8') formula orqali aniqlaymiz $NQ \cos \alpha = \text{const}$. U holda

$$A_k^e = Q \sin \alpha (2mgs - (kG'R)Mgs).$$

Aniqlangan qiymatlarni (a) ga qo'ysak

$$[4mQM(1 + Q \rho_C^2 / R^2)] v_C^2 / 2 = Q \sin \alpha (2mgs - (kG'R)Mgs)$$

bundan

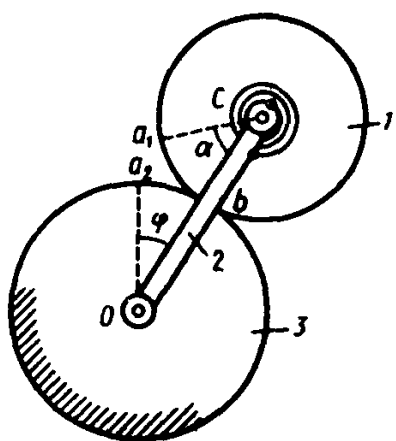
$$v_C = \sqrt{\frac{2g(2mR - kM)Rs}{4mR^2 + M(R^2 + \rho_C^2)}} \text{ kelib chiqadi.}$$

2. Tezlanish a_s -ni aniqlash uchun oldingi masaladagi kabi (b) tenglamaning ikkala tomonidan vaqt t -bo'yicha bir marta hosila olamiz,

$$a_c = \frac{(2mR - kM)Rg}{4mR^2 + M(R^2 + \rho_C^2)}$$

16.8 masala. Massasi m_1 bo'lgan r radiusli shesternya 1, massasi m_2 uzunligi OSql bo'lgan krivoshipning S nuqtasidan o'tuvchi qo'zg'aluvchan o'qqa sharnir orqali o'rnatilgan bo'lib, u krivoship bilan birgalikda Rql-r radiusli qo'zg'almas 3 tishli g'ildirak atrofida aylanma harakat qila oladi.

Shesternya 1, krivoship bilan spiralsimon prujina orqali bog'langan (16.12 shakl) bo'lib, prujinaning shesternyaga kursatuvchi momenti M_{pr} -ga teng, bu yerda ϕ - shesternya 1 -ning krivoshipga nisbatan burilish burchagi. O'qlardagi ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan holda muvozanat holatdan chiqarib yuborilgan krivoshipning tebranma harakatining tebranish davri aniqlansin. Mexanizm gorizontal tekislikda joylashgan.



16.12 shakl.

ye ch i sh. Krivoshipning holatini muvozanat holatidan boshlab φ - burchak orqali aniqlaymiz. S o'qning noma'lum reaksiyasini tenglamadan chiqarib yuborish uchun, shesternya 1 va krivoshipni bitta mexanik sistema deb hisoblab, uning harakat differentsial tenglamasini (16.9) formula orqali tuzamiz.

Avvalo, sistemaning kinetik energiyasini, krivoshipning burchakli tezligi $\dot{\varphi}_{kr}$ orqali ifodalaymiz (chunki, biz krivoshipning harakat qonunini izlamoqdamiz). Natijada

$$T_{kr} = \frac{1}{2} J_{okr} \dot{\varphi}_{kr}^2 = \frac{1}{2} (J_{okr} + m_2 l^2) \dot{\varphi}_{kr}^2 \quad (a)$$

Krivoshipni bir jinsli sterjen, shesternyahni disk deb hisoblab, hamda shesternyahning g'ildirakka tutashgan nuqtasini oniy tezliklar markazi ekanligini e'tiborga olgan holda, qo'yidagilarni aniqlaymiz:

$$J_{okr} = m_2 l^2, \quad J_{ssh} = m_1 r^2, \\ v_C = \dot{\varphi}_{kr} l, \quad \dot{\varphi}_{ssh} = \dot{\varphi}_{kr} \frac{r}{R}$$

Shuni ta'kidlab o'tish lozimki (16.4) formula orqali hisoblanadigan shesternyahning kinetik energiyasi T_{sh} -ning formulasiga shesternyahning krivoshipga nisbatan burilishidagi nisbiy burchakli tezlik emas, balki *absolyut* burchakli tezligi qo'yilishi kerak. Aniqlangan qiymatlarni (a) tenglamaga qo'ysak,

$$T = \frac{1}{2} (9m_1 + 2m_2) l^2 \dot{\varphi}_{kr}^2 \quad (12)$$

Endi bajarilgan elementar ishlarni hisoblaymiz. Ushbu sistemadagi tashqi kuchlar ish bajarmaydi, chunki ular aylanish o'qlariga parallel ravishda yo'nalgan, demak, $dA^e = 0$. Shesternya 1 krivoshipga nisbatan φ -burchakka burilganda, prujinaning elastiklik (ichki) kuchining bajargan elementar ishi $dA^i = -M_{pr} d\varphi = -c \varphi d\varphi$ (manfiy ishora, momentning yo'nalishi shesternyahning burilishiga teskari ekanligini ko'rsatadi) bo'ladi. Biz krivoshipning harakat qonunini izlayotganligimiz uchun φ -burchakni φ -orqali ifodalab

olamiz. Shu sababli $a_2 \dot{\varphi} = a_1 \dot{\varphi}$ bo'lgani uchun, $R \dot{\varphi} = r \dot{\varphi}_{kr}$ yoki $(l-r) \dot{\varphi} = r \dot{\varphi}_{kr}$ bo'ladi. Bundan $\dot{\varphi}_{kr} = \frac{R}{r(l-r)} \dot{\varphi}$ va $dA^i = -c \varphi \left[\frac{R}{r(l-r)} \right]^2 d\varphi$.

Endi, (49) formulaga asosan tenglama tuzamiz: $dT = dA^i$ va

$$[(9m_1 + 2m_2) l^2 \dot{\varphi}] \dot{\varphi} d\varphi = -c \left[\frac{R}{r(l-r)} \right]^2 \varphi d\varphi.$$

Lekin

$$d\varphi = \frac{d\varphi}{dt} \cdot dt = \dot{\varphi} dt, \quad \text{va} \quad d\dot{\varphi} = \frac{d\dot{\varphi}}{dt} \cdot dt = \ddot{\varphi} dt$$

u holda, tenglamani dt -ga qisqartirib, sistemaning differentsial tenglamasini oxirgi ko'rinishini yozamiz,

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + k^2 \varphi = 0, \quad \text{bu yerdagi} \quad k^2 = \frac{6c(1-r)^2}{(9m_1 + 2m_2) l^2 r^2}$$

Olingan tenglama garmonik tebranma harakatning differentsial tenglamasi hisoblanadi (24.1§ ga q.). Demak, muvozanat holatidan chiqarib yuborilgan krivoship, muvozanat holati atrofiga,

$$\tau = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \cdot \frac{lr}{l-r} \cdot \sqrt{\frac{9m_1 + 2m_2}{6c}}$$

ga teng davr bilan garmonik tebranma harakat qilar ekan.

yechilgan ushbu masala sistemaning holati faqat bitta o'zgaruvchan qiymat ($\square$ burchak)ga bog'liq bo'lganda, sistemaning harakat differentsial tenglamasini tuzishda kinetik energiyahning o'zgarish teoremasidan qanday foydalanish mumkin ekanligini ko'rsatib beradi.

16.9 masala. Massasi m_2 bo'lgan barabanga o'ralgan m_1 massali trosning uzunligi l bo'lib, uning uchiga m_3 massali yuk osib qo'yilgan (15.7 shakl). Barabanning massasini uning gardishi bo'ylab teng tarqalgan deb hisoblab, trosning yo'g'onligini va aylanish o'qidagi ishqalanish ($M_{\text{ishq}0}$) ni hisobga olmasdan, yukning tezligini trosning osilib turgan x uzunligiga bog'liq ravishda aniqlansin. Boshlang'ich vaqtda $v_0=0$ va $x_0=0$ deb hisoblansin.

ye ch i sh. Yukning tezligini bunday bog'lanish orqali aniqlash uchun, qo'yidagi tenglama orqali izlaymiz:

$$dT_q = dA_k^e \quad (a)$$

Yuk trosning barcha zarrachalari va barabanning gardishidagi nuqtalarning tezliklari o'zaro teng bo'lganligi uchun $T_q M v^2 G^2$, bu yerdagi $M q m_1 Q m_2 Q m_3$ bo'ladi. Undan tashqari trosning osilib turgan qismining og'irligi ($m_1 g G^1 l$)x -ga teng bo'lganligi uchun

$$\square d A_k^e q(m_1 g x G^1 l Q m_2 g) dx.$$

Bularni (a) tenglamaga qo'ysak

$$M d(v^2 G^2) q(m_1 g x G^1 l Q m_2 g) dx .$$

Boshlang'ich shartlarni (ya'ni, $x_0=0$ da $v_0=0$ ekanligini) e'tiborga olgan holda, ushbu tenglamani integrallab, oxirgi natijani yozamiz,

$$v_q \sqrt{(m_1 g / M l) x^2 + 2(m_2 g / M) x} \quad \text{bo'ladi.}$$

Tayanch so'z va iboralar: mexanik sistema kinetik energiyasi, mexanik sistema kinetik energiyasining o'zgarishi, shakli o'zgarmaydigan sistema, shakli o'zgaradigan mexanik sistema, ideal bog'lanishlarga ega bo'lgan mexanik sistema.

Mavzudagi muammolarni qo'yidagi uslubiy ko'rsatmalarga tayangan holda yechiladi.

1. Kinetik energiya skalyar qiymat bo'lib, har qanday mexanik harakatning ham ilgarilama, ham aylanma harakatlarini harakterlovchi kattaliq hisoblanar ekan.
2. Oldingi dinamik qiymatlar, ya'ni harakat miqdori faqat ilgarilama harakatni, harakat miqdori momenti esa faqat aylanma harakatni harakterlasa, kinetik energiya ularning ikkalasini ham bir varakayiga harakterlovchi qiymat ekan.
3. Mexanik sistemaning kinetik energiyasini aniqlashda, avvalo uni qanday harakatda ishtirok etayotganligiga bog'liq ravishda tegishli formulalar orqali hisoblanar ekan.
4. Mexanik sistemaga ta'sir etuvchi kuchlarning bajargan ishlarini hisoblashda ham, shu kuchlarning xususiyatiga ko'ra turlicha usullar qo'llanilishi lozim ekan.
5. Kinetik energiyahning o'zgarishi, shu o'zgarish jarayonida bajarilgan ishga bog'liq ekan. Agar, jismga qo'yilgan kuchlar musbat ish bajarsa, kinetik energiya ortib borar ekan va aksincha, manfiy ish bajarilsa, kinetik energiya kamayib borar ekan.
6. Ushbu bog'liqlik kinetik energiyahning o'zgarish teoremasi orqali analitik ravishda hisoblanar ekan.

7. Masalalar yechganda, kinetik energiyan aniqlashda faqat absolyut tezliklardan foydalanish lozim ekan.

Takrorlash uchun savollar:

1. Kinetik energiya deb qanday qiymatga aytiladi?
2. Kinetik energiya vektor qiymat hisoblanadimi?
3. Kinetik energiya musbat va manfiy qiymatlarga ega bo'la olishi mumkinmi?
4. Kinetik energiya jismning aylanma harakatini ifodalashi mumkinmi?
5. Kinetik energiya tekislikka parallel harakat qilayotgan jismning to'liq energiyasini aniqlab beraoladimi?
6. Jismning traektoriyasini bilmagan holda unga ta'sir qilayotgan kuchlarning bajargan ishini aniqlash mumkinmi?
7. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismga ta'sir etayotgan kuchning bajargan ishi?
8. Shakli o'zgarmaydigan mexanik sistemaning kinetik energiyasini o'zgarish teoremasini ifodalab bering?
9. Shakli o'zgaradigan mexanik sistemaning kinetik energiyasini o'zgarish teoremasini ifodalab bering?
10. Kinetik energiyahning o'zgarish teoremasini differentsial formasini ifodalab bering?
11. Kinetik energiyahning o'zgarish teoremasini tugal ko'chishdagi, ya'ni integral formasini ifodalab bering?
12. Kinetik energiyahning o'zgarish teoremasini differentsial formasi bilan integral formasini farqi nimadan iborat?

"Nazariy mexanika" o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 17: Mexanik sistema dinamikasi

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma ruza
<i>Ma ruza rejasi:</i>	Mexanik sistema dinamikasi. Sistema massasi. Sistema massalar markazi va uning koordinatalari. Sistema massalar markazining harakati haqida teorema. Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni. Sistema nuqtalariga qo'yilgan bog'lanishlar va ularning turlari. Mexanik sistema nuqtalariga ta'sir etuvchi kuchlar klassifikatsiyasi. Ichki kuchlarning xossalari. Ichki kuchlar bosh vektori va bosh momenti.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda tadbqiqini sistema massalar markazining harakati haqida teorema o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Mexanik sistema dinamikasi tushunchasini berish	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Sistema massalar markazi va uning koordinatalari. Sistema massalar markazining harakati haqida teorema o'rgatish va olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi

- Massalar markazi harakatining saqlanish qonuni masalasi - Ichki kuchlarning xossalari. Ichki kuchlar bosh vektori va bosh momenti. oid amaliy ko'nikmalar	ko'nikmalar shakillantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza ,aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>
<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar 17 ma'ruza -

Mavzu: Nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber printsipi.

Mavzuning rejasi

1. Dalamber printsipi. Nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber printsipi.
2. Inertsia kuchlarining bosh vektori va bosh momenti.
3. Aylanayotgan jismning o'qiga ta'sir etayotgan dinamik reaksiyalar.
4. Aylanayotgan jismlarni muvozanatlash.

Muammo: Ushbu mavzugacha bo'lgan mexanika masalalarini yechish usullari, bevosita Nyutonning qonunlari yoki ularning asosida keltirilib chiqarilgan tenglamalar yoki teoremlar yordamida bajarildi. Lekin bunday masalalarni yechish yo'li yagona hisoblanmaydi. Olimlar tomonidan tasdiqlandiki, mexanik sistemaning harakati va muvozanatining tenglamalarini olishda Nyuton qonunlarining o'rniga, *mexanika printsiplari* deb ataluvchi umumiy qoidalar orqali ham amalga oshirish mumkin ekan. Ushbu mavzuda, *Dalamber printsipi* deb ataladigan, mexanikaning umumiy printsiplaridan biri bayon etiladi.

17.1. Nuqta va mexanik sistema uchun Dalamber printsipi.

Avvalo, ushbu printsipting bitta moddiy nuqta uchun bo'lgan ifodasini aniqlaymiz. Faraz qilaylik, massasi m ga teng bo'lgan moddiy nuqtaga teng ta'sir etuvchisi $\vec{F}^a$ bo'lgan aktiv kuchlar sistemasi va bog'lanish (agar nuqta erkinmas bo'lsa) reaksiyasi $\vec{N}$ ta'sir etsin. Moddiy nuqta shu kuchlarning ta'sirida inertsiyal sistemaga nisbatan $\vec{a}$ -tezlanish bilan harakat qilsin.

Qo'yidagi kattalikni kiritamiz,

$$\overline{F^n} \text{ q-m } \overline{a} \quad (17.1)$$

ushbu qiymatning o'lchov birligi kuchning o'lchov birligi bilan bir xil. Moduli nuqtaning massasini uning tezlanishiga ko'paytamasiga teng bo'lgan, yo'nalishi esa tezlanishga teskari bo'lgan vektor qiymatni nuqtaning *inertsia kuchi* deb ataladi.

U holda, nuqtaning harakati qo'yidagi xossaga ega ekanligini aniqlaymiz: nuqtaning harakatidagi qaysi vaqt bo'lishidan qat'iy nazar agar, nuqtaga ta'sir etayotgan aktiv va reaktiv kuchlarga inertsia kuchi qo'shilsa, hosil bo'lgan kuchlar sistemasi muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasi bo'lar ekan, ya'ni

$$\overline{F^n} \text{ Q } \overline{N} \text{ Q } \overline{F^a} \text{ q0} \quad (17.2)$$

Ushbu qoida, moddiy nuqta uchun Dalamber printsipini ifodalab beradi. Ushbu printsip, Nyutonning ikkinchi qonuniga ekvivalent va aksincha ekanligi ko'rinib turibdi. Xaqiqatdan ham, ushbu moddiy nuqta uchun Nyutonning ikkinchi qonuni $m \overline{a} \text{ q } \overline{F^a} \text{ Q } \overline{N}$ tenglamani beradi. $m \overline{a}$ qiymatni tenglamaning o'ng tomoniga o'tkazib, (17.1) belgilashni e'tiborga olsak, (17.2) tenglamaga qaytamiz. Aksincha, (17.2) tenglikdagi $\overline{F^n}$ -ni tenglamaning boshqa tomoniga o'tkazib, (17.1) belgilashni e'tiborga olsak, Nyutonning ikkinchi qonunini ifodasini olamiz.

Endi, n - ta moddiy nuqtalardan iborat bo'lgan mexanik sistemani olib ko'raylik. Shu moddiy nuqtalardan massasi m_k bo'lgan ixtiyoriy bittasini «ajratib», uning harakatini tekshirib ko'ramiz (bunda, nuqtani sistemaning ichidan tashqariga ajratib olish deb tushunmaslik lozim). Ushbu nuqtaga ta'sir etuvchi tashqi va ichki $\overline{F}_k^e$ va $\overline{F}_k^i$ kuchlar (bularning ichiga aktiv kuchlar va bog'lanishlar reaksiyalari ham kiradi) ta'sirida, inertsial hisob sistemasiga nisbatan qandaydir $\overline{a}_k$ tezlanish bilan harakat qiladi. Ushbu nuqta uchun inertsia kuchi $\overline{F}_k^n \text{ q-m } \overline{a}_k$ ni kiritsak, (17.2) tenglikka ko'ra

$$\overline{F}_k^e \text{ Q } \overline{F}_k^i \text{ Q } \overline{F}_k^n \text{ q0 bo'ladi.} \quad (17.2')$$

ya'ni $\overline{F}_k^e$, $\overline{F}_k^i$ va $\overline{F}_k^n$ lar muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasini tashkil etadi. Sistemaning har bir nuqtasi uchun, shunday mulohazalarni kiritib, sistema uchun Dalamber printsipini ifodalovchi natijaga kelamiz: *harakatning qaysi davri bo'lishidan qat'iy nazar, sistemaning har bir nuqtasiga, unga ta'sir etuvchi tashqi va ichki kuchlarga qo'shimcha ravishda inertsia kuchini qo'shsak, u holda hosil bo'ladigan kuchlar sistemasi muvozanatlashuvchi sistema bo'ladi va unga statikaning barcha tenglamalarini qo'llash mumkin bo'ladi.*

Sistema uchun Dalamber printsipining matematik ifodasi (17.2') tenglikdagi n ta vektor tenglamalar sistemasidan iborat bo'ladi va ular 26.3§ da olingan sistema harakatining differentsial tenglamalari (26.2) - ga ekvivalent bo'ladi. Shu sababli, Dalamber printsipidan (26.2) tenglamadan olingan kabi, dinamikaning barcha umumiy teoremlarini keltirib chiqarish mumkin.

Dalamber printsipining mohiyati shundan iboratki, dinamika masalalarini yechishda undan bevosita qo'llanilganda, sistema harakatining tenglamasi bizga yaxshi tanish bo'lgan statika qismidagi muvozanat tenglamalari shaklida tuziladi; bu esa masalalarni yechishni bir rusumga keltiradi va ko'p hollarda hisoblash ishlarini osonlashtiradi. Undan tashqari, keyingi mavzuda ko'rib o'tiladigan, mumkin bo'lgan printsipli bilan birgalikda, Dalamber printsipli orqali dinamika masalalarini yechishning yangi umumiy metodini yaratishga imkon beradi.

Statika kursidan ma'lumki, muvozanatda bo'lgan kuchlar sistemasining geometrik yig'indisi va ularning ixtiyoriy O markazga nisbatan momentlarining yig'indisi ham nolga teng bo'ladi. Xamda 28.8§ da ko'rsatilganidek, bu shart nafaqat qattiq jismga ta'sir etuvchi kuchlar sistemasi uchungina o'rinli bo'lib qolmay, balki barcha o'zgaruvchan mexanik sistema uchun ham o'rinli hisoblanadi. U holda Dalamber printsipigina asosan:

$$\sum (\bar{F}_k^e + \bar{F}_k^i + \bar{F}_k^n) = 0$$

$$\sum [\bar{m}_O(\bar{F}_k^e) + \bar{m}_O(\bar{F}_k^i) + \bar{m}_O(\bar{F}_k^n)] = 0 \quad \text{bo'ladi} \quad (17.3)$$

Belgilashlar kiritamiz:

$$\bar{R}^n \text{ q } \sum \bar{F}_k^n, \quad \bar{M}_O^n \text{ q } \sum \bar{m}_O(\bar{F}_k^n) \quad (17.4)$$

$\bar{R}^n$ va $\bar{M}_O^n$ qiymatlar *inertsia kuchlari sistemasining bosh vektorini va O markazga nisbatan bosh momentini* ifodalaydi. Ichki kuchlarning geometrik yig'indisi va ichki kuchlarning momentlari nolga teng bo'lganli sababli, (17.3) tengliklardan qo'yidagilarni olamiz:

$$\sum \bar{F}_k^e \text{ q } \bar{R}^n \text{ q } 0, \quad \sum \bar{m}_O(\bar{F}_k^e) \text{ q } \bar{M}_O^n \text{ q } 0. \quad (17.5)$$

Dalamber printsipidan kelib chiqadigan (17.5) tenglamalarni dinamika masalalarini yechishda qo'llanilishi orqali, masalalarni yechishni osonlashtiradi, chunki bu tenglamalarda noma'lum bo'lgan ichki kuchlar qatnashmaydilar. Mazmunan olganda, (17.5) tenglamalar, sistemasining harakat miqdorini o'zgarish teoremasini va harakat miqdori bosh momentining o'zgarishi haqidagi teoremalarga ekvivalent hisoblanadi va ulardan faqat shaklan farq qiladilar. Qattiq jismlarning va qattiq jismlardan tashkil topgan mexanik sistema harakatlarining dinamikasiga oid masalalarni yechishda, (17.5) tenglamalardan foydalanish katta qulayliklar tug'diradi. Xar qanday (shaklan) o'zgaruvchan mexanik sistemalarning muvozanat holatini o'rganishda statika tenglamalari yetarli bo'lmagani kabi, bunday mexanik sistemalarning harakatlarini to'liq o'rganish uchun (17.5) tenglamalar ham yetarli bo'lmaydi (28.8§ ga q.).

(17.5) tengliklarning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari, statikadagi shunga o'xshash tenglamalarga juda ham o'xshab ketadi. Masalalarni yechishda (17.5) formuladan foydalanish uchun avvalo inertsia kuchlarining bosh vektori va bosh momentini aniqlab olish lozim.

Yuqoridagilarga asoslanib shuni ta'kidlash lozimki, mexanik sistemasining *inertial hisob sistemasidagi* harakatlarini o'rganishda, Dalamber^[1] printsiplin qo'llanilgan holdagina inertsia kuchlari kiritiladi xolos.

17.2. Inertsia kuchlarining bosh vektori va bosh momenti.

(17.5) tenglamalarning birinchisini 26.4§ dagi massa markazining harakatini ifodalovchi $m\bar{a}_C = \sum \bar{F}_k^e$ bilan solishtirib (ushbu mavzuda sistemaning umumiy massasini m - harfi bilan belgilangan) qo'yidagini yozish mumkin

$$\bar{R}^n_{q-m} \bar{a}_s, \quad (17.6)$$

ya'ni, mexanik sistemaning (xususiy holda, qattiq jismning) inertsia kuchlarining bosh vektori, sistema (jism)ning umumiy massasini massa markazining tezlanishiga ko'paytmasiga teng ekan va shu tezlanishning yo'nalishiga teskari tomonga yo'nalar ekan.

Agar, $\bar{a}_s$ tezlanishni urinma va normal tezlanishga ajratib yuborsak, u holda $\bar{R}^n$ ham shu o'qlar bo'yicha tashkil etuvchilarga² ajraladi

$$\bar{R}^n_{\tau q-m} \bar{a}_{C\tau} \quad \bar{R}^n_{n q-m} \bar{a}_{Cn} \quad (17.6')$$

Endi, (17.5) tenglamalarning ikkinchisini (28.6§ dagi) momentlar teoremasini ifodalovchi $\frac{d\bar{K}_O}{dt} = \sum \bar{m}_0(\bar{F}_k^e)$ tenglik bilan solishtirsak va ularni o'qlarga nisbatan momentlari o'xshash bo'lishini e'tiborga olib

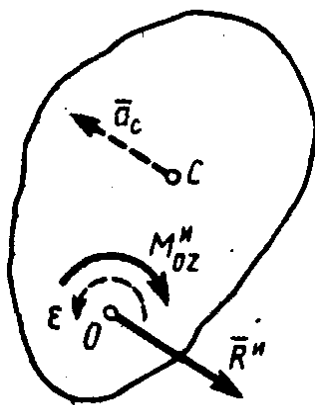
$$\bar{M}^n_0 = -\frac{d\bar{K}_O}{dt} \quad \text{va} \quad M^z_z = -\frac{dK_z}{dt} \quad \text{larni hosil qilamiz} \quad (17.7)$$

ya'ni, mexanik sistemaning (xususiy holda, qattiq jismning) inertsia kuchlarining birorta O markazga yoki z o'qqa nisbatan olingan bosh momenti, sistema (jism)ning shu markazga yoki shu o'qqa nisbatan kinetik momentidan vaqt bo'yicha olingan hosilasining manfiy ishorali qiymatiga teng bo'lar ekan.

Qattiq jismning inertsia kuchlarini hisoblash. Ixtiyoriy kuchlar sistemasi uchun olingan natijaga ko'ra, qattiq jismlarning inertsia kuchlarini ham, ixtiyoriy olingan birorta O nuqtaga qo'yilgan $\bar{R}^n$ ga teng bo'lgan bitta kuch bilan va momenti $\bar{M}^n_O$ ga teng bo'lgan bitta juft bilan almashtirish mumkin. Ayrim xususiy hollarni ko'rib o'tamiz.

1. I l g a r i l a m a h a r a k a t. Ilgarilama harakatda, jismning barcha nuqtalarining tezlanishlari bir xil bo'lib, massa markazi S nuqtaning tezlanishiga teng ($\bar{a}_{kq} \bar{a}_C$) bo'ladi. U holda jismning barcha nuqtalarining inertsia kuchlari, og'irlik kuchlari $\bar{P}_{kqm_k} \bar{g}$ kabi, o'zaro parallel bo'lgan $\bar{F}^n_{k q-m_k} \bar{a}_C$ kuchlar sistemasini tashkil etadi. Shu sababli, ular ham og'irlik kuchlarining teng ta'sir etuvchisi kabi, jismning og'irlik markazi S nuqtadan o'tadi.

Demak, qattiq jismning ilgarilama harakatida inertsia kuchlari massa markazidan o'tuvchi teng ta'sir etuvchi bitta $\bar{R}^n$ kuchga keltirilar ekan.



17.1 shakl

2. Aylanma harakat. Faraz qilaylik, qattiq jism Oxu dan iborat moddiy simmetrik tekislikka ega bo'lsin, shu tekislikka perpendikulyar³ bo'lgan Oz o'q atrofida aylanma harakatda bo'lsin (17.1 shaklda, jismning shu Oxu tekislik bilan bo'lgan kesimi tasvirlangan). Agar, jismning barcha nuqtalarining inertsia kuchlari shu O nuqtaga keltirilsa, simmetriya xossasiga asosan teng ta'sir etuvchi inertsia kuchi ham, inertsia kuchlarining shu Oz o'qiga nisbatan momentlarining yig'indisidan iborat bo'lgan bosh juft ham shu Oxu moddiy simmetrik tekislikda joylashadilar va bosh juftning momenti M_{Oz}^n ga teng bo'ladi. U holda, $K_z q_{J_{Oz}w}$ bo'lgani uchun (17.7) formulaning ikkinchisiga ko'ra

$$M_{Oz}^n = q \cdot J_{Oz} \cdot \epsilon \quad (17.8)$$

bu yerdagi ϵ - jismning burchakli tezlanishi.

Demak, aylanayotgan jismning inertsia kuchlarining sistemasi (17.6) formula orqali aniqlanadigan va O nuqtaga qo'yiladigan (17.1 shakl) bitta $\vec{R}^n$ kuchga, va momenti M_{Oz}^n (17.8) formula orqali aniqlanadigan bitta juftga keltirilar ekan. Bu bosh juft ham shu Oxu moddiy simmetrik tekislikda joylashadi.

3. Jismning massa markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanma harakati. Agar 2 punktda ko'rib o'tilgan jism massa markazidan o'tuvchi Sz o'q atrofida aylansa, u holda $\vec{R}^n = 0$ bo'ladi, chunki $\vec{a}_S = 0$. Demak, bunday holda inertsia kuchlarining sistemasi momenti M_{Cz}^n ga teng bo'lgan va simmetriya tekisligida joylashgan bitta juftga keltirilar ekan.

4. Tekislikka parallel harakat. Agar jism simmetriya tekisligiga ega bo'lsa va u shu tekislikka parallel ravishda harakat qilsa, u holda jismning inertsia kuchlar sistemasi, shu simmetriya tekisligida joylashgan bo'lib, jismning massa markazi S nuqtaga qo'yilgan $\vec{R}^n$ kuchga, va momenti $M_{Cz}^n = q \cdot J_{Sz} \cdot \epsilon$ ga teng bo'lib, shu simmetriya tekislikda joylashgan bitta juftga keltirilar ekan.

Masalalarni yechishda, M_{Cz}^n ning moduli (17.8) formula orqali aniqlanadi va uning yo'nalishini shaklda $\square$ - ga qarama-qarshi tomonga qaratib tasvirlanadi.

17.3. Masalalar yechish.

Dalamber printsipli ixtiyoriy harakatdagi erkin bo'lmagan mexanik sistema harakatlarining tenglamalarini tuzishning yagona usulini yaratishga imkon yaratadi. Agar harakat qonunlari ma'lum bo'lsa yoki ularni noma'lum reaksiyalar qatnashmagan tenglamalar orqali, masalan, kinetik energiyahning o'zgarishi teoremasi yoki 34.1§, 34.5§ larda keyinroq ko'rib o'tiladigan tenglamalar orqali aniqlash mumkin bo'lgan hollarda, erkinmas jismlarning bog'lanish reaksiyalarini aniqlashda Dalamber printsipli eng qulay usul hisoblanadi. Xamda, bizga noma'lum bo'lgan ichki kuchlar tenglamada qatnashmaydilar. Agar ichki bog'lanishlarning

reaktsiya kuchlarini aniqlash zarur bo'lgan hollarda, sistemaning qaysi ichki qismini reaktsiyasini aniqlash zarur bo'lsa, o'sha qismlari ajratib olinib, alohida tekshiriladi.

Erkin bo'lmagan moddiy nuqtalar uchun Dalamber printsiptini qo'llanilganda, 23.1§ da aniqlangan tenglamalarga qaytib kelinadi (17.1 masalaga q.).

17.1 masala. Dalamber printsipti yordamida 23.3 masala yechilsin (23.1§ ga q.).

ye ch i sh. Tortilish kuchini ipning tarangligi bo'ylab tasvirlaymiz (17.2 shakl). Yukka uning og'irlik kuchi $\bar{P}$ va ipning reaktsiyasi $\bar{T}$ ta'sir etadi. Ushbu kuchlar qatoriga normal - $\bar{F}_n''$ va urinma - $\bar{F}_\tau''$ inertsia kuchlarini qo'shamiz. Dalamber printsiptiga ko'ra, hosil bo'lgan kuchlar sistemasi ixtiyoriy olingan vaqt uchun har doim muvozanatda bo'ladi. Barcha kuchlarning M_1O normal o'qqa proektsiyasini nolg tenglaymiz

$$T - R - F_n'' \cos \alpha = 0$$

$F_n'' \cos \alpha = m v_1^2 / R$, bu yerdagi v_1 - yukning M_1 holatdagi tezligi. U holda

$$T - R = m v_1^2 / R$$

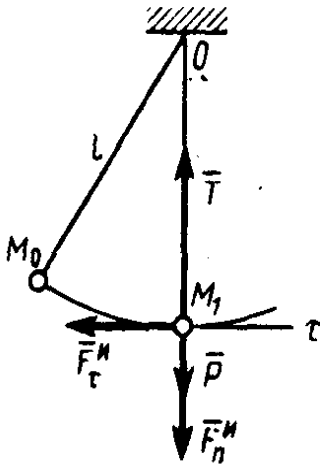
Shunday qilib, T uchun 23.3 masaladagi javobni oldik. Endi, 23.3 masaladagi kabi, kinetik energiyahni o'zgarish teoremasi orqali v_1 ni aniqlab, izlanayotgan yechimni topamiz.

Kuchlarning urinma o'qlardagi proektsiyalarning yig'indisi $\bar{F}_\tau'' \cos \alpha = 0$ bo'ladi. Chunki, moddiy nuqtaning M_1 holatdagi tezligi maksimum bo'lib, $a_t = dv/dt = 0$ bo'ladi, natijada $\bar{F}_\tau'' \cos \alpha = 0$.

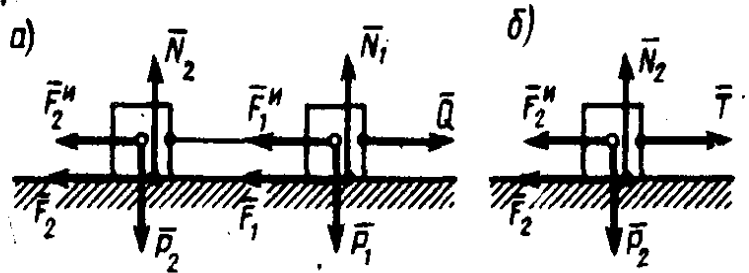
17.2 masala. Og'irliklari R_1 va R_2 bo'lgan va bir-birlari bilan cho'zilmaydigan ip orqali bog'langan ikkita yuklar, birinchi yukka qo'yilgan $\bar{Q}$ kuch ta'sirida gorizonta tekislik ustida harakatlanmoqdalar. Yuklar bilan tekislik orasidagi ishqalanish koefitsienti f . Yuklarning tezlanishi va ipning tortilishi aniqlansin.

E ch i sh. Sistemaga ta'sir etuvchi barcha tashqi kuchlarni shaklda tasvirlaymiz. Bu kuchlar qatoriga inertsia kuchlarini qo'shamiz. Ikkala yuk ham ilgarilama harakatda bo'lganliklari uchun, ularning tezlanishlari o'zaro teng bo'ladi, modullari esa

$$F_1'' = R_1 a, \quad F_2'' = R_2 a$$



17.2 shakl



17.3 shakl

kuchlarning yo'nalishlari shaklda tasvirlangan. Ishqalanish kuchlari:

$$F_1 q f R_1, \quad F_2 q f R_2.$$

Dalamber printsipligiga asosan, hosil bo'lgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi shart. Gorizonttal o'q bo'yicha muvozanatlik shartining tenglamasini tuzamiz

$$q \cdot f (R_1 Q R_2) - (R_1 Q R_2) a G' g q 0$$

bundan

$$a q [q G' (R_1 Q R_2) - f] g.$$

Ushbu tenglamadan ko'rinib turganidek, yuk harakat qilishi uchun $f < q G' (R_1 Q R_2)$ bo'lishi shart.

Ipning izlanayotgan tortilish kuchi, ushbu masalada ichki kuchlar hisoblanadi. Uni aniqlash uchun sistemani ikkiga ajratib yuboramiz va uning birorta qismiga, masalan, ikkinchi qismiga Dalamber printsiplini qo'llaymiz (17.3, b shakl). Bu yukka uning og'irlik kuchi $\bar{P}_2$, normal reaksiya kuchi $\bar{N}_2$, ishqalanish kuchi $\bar{F}_2$ va ipning tortilish kuchi $\bar{T}$ lar ta'sir etadilar. Ushbu kuchlar qatoriga inertiya kuchi $\bar{F}_2^u$ - ni qo'shamiz va yuqoridagi kabi gorizonttal o'q bo'yicha muvozanatlik sharti tenglamasini tuzamiz

$$T - f \square R_2 - R_2 a G' g q 0$$

Bu tenglamaga yuqorida aniqlangan, a ning son qiymatini qo'yamiz, natijada

$$T q q R_2 G' (R_1 Q R_2) \text{ bo'ladi.}$$

Shunisi qiziqarliki, ipning tortilish kuchi, ishqalanish koeffitsientiga bog'liq emas ekan va ikkala yuklarning umumiy og'irligini saqlagan holda ikkinchi (orqadagi) yukning og'irligini qancha kamaytirsak, ipning tortilish kuchi ham shuncha kamayar ekan. Shu sababli, temir yo'l sostavlaridagi og'ir vagonlarni oldinga, yengil vagonlarni esa eng oxiriga ulashlik samarali hisoblanadi.

Raqamli misollarni keltiramiz. Faraz qilaylik, $Q=200\text{H}$, $R_1=400\text{N}$, $R_2=100\text{N}$. U holda, yuklar harakatlanishi uchun $f < 0,4$ bo'lishi shart. Ipning tortilish kuchi esa 40 N bo'ladi. Agarda yuklarning o'rinlarini almashtirib qo'ysak, ipning tortilish kuchi 160 N bo'ladi.

17.3 masala. Dalamber printsipli yordamida 28.5 masala yechilsin (28.7§ ga q.) va qo'shimcha ravishda ipning tortilish kuchi aniqlansin.

ye ch i sh. 1. Baraban va yukni bir mexanik sistema deb hisoblaymiz; sistemaning jismlariga ularning inertsia kuchlarini qo'shamiz (17.4 shakl). A yuk ilgari harakat qiladi va uning inertsia kuchi $R^1 q q a G' g q r \square G' g$ bo'ladi. Barabanning inertsia kuchlari momentining moduli $M_o^u q J_o \square \square q R r^2 \square \square G' g$ ga teng bo'lgan juftga keltiriladi, yo'nalishi esa aylanish tomonga teskari yo'nalishda bo'ladi. Barcha kuchlar sistemasi uchun muvozanat tenglamasining qo'yidagi ko'rinishini yozamiz

$$\sum m_0(\bar{F}_k) = 0$$

$$| M_o^u r - q r Q M_{ishq} q 0$$

yoki

$$R r^2 e G' g Q q r^2 e G' g - q r Q M_{ishq} q 0.$$

Bundan,

$$\varepsilon = \frac{(Qr - M_{ишк})g}{P\rho^2 + Qr^2}$$

2. Endi j yukni alohida qilib ajratamiz va unga ta'sir qilayotgan $\bar{Q}$ va $\bar{T}$ kuchlarga qo'shimcha ravishda $\bar{R}^u$ kuchini qo'shamiz va muvozanat tenglamalari orqali ipning tortilish kuchini aniqlaymiz

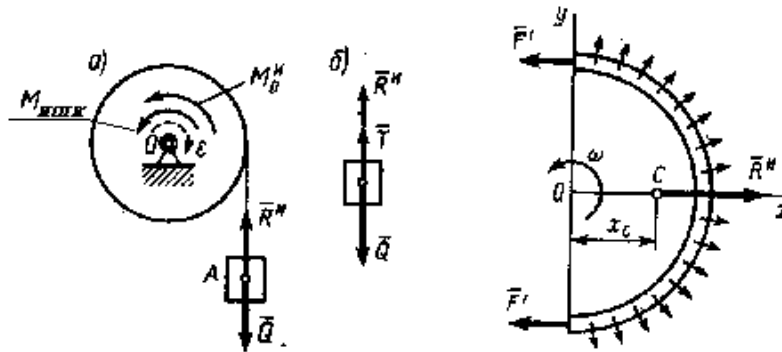
$$T = Q \cdot R^u = Q(1 - \frac{r\varepsilon}{g}) = \frac{Q(P\rho^2 + M_{ишк}r)}{P\rho^2 + Qr^2}$$

17.4 masala. Massasi m ga teng bo'lgan tekkis aylanuvchan maxovikni parchalab tashlashi mumkin bo'lgan gardishlari bo'yicha qo'yilgan kuchning qiymati aniqlansin, maxovikning massasi gardishi bo'ylab teng taqsimlangan.

ye ch i sh. Izlanayotgan kuch ichki kuch hisoblanadi. Uni aniqlash uchun maxovik gardishini ikki qismga bo'lib yuboramiz va ulardan bir qismiga Dalamber printsiplini qo'llaymiz (17.5 shakl). Tashlab yuborilgan qismining ta'sir kuchlarini, izlanayotgan noma'lum F kuchga qiymati jihatidan teng bo'lgan, ikkita bir xil $\bar{F}$ - kuchlardan iborat deb hisoblaymiz. Gardishning har bir elementiga tegishli radiuslari bo'ylab yo'nalgan (markazdan qochma) inertsia kuchlari ta'sir etadi. Bu kuchlar uchrashuvchi kuchlar bo'lib, ularning bosh vektori $\bar{R}^u$, ularning teng ta'sir etuvchisiga teng bo'lib, kuchlarning simmetrik joylashganligi sababli, u Ox o'qida o'tadi. (17.6) formulaga asosan $R^1 q 0,5 m a_c q 0,5 m x_c \square^2$ bo'ladi, bu yerdagi x_s -yarim aylananing massa markazi, ya'ni $OS q 2r G' \square$.

Demak,

$R^i q m r \square^2 G' \square$ bo'lar ekan.



17.4 shakl

17.5 shakl

Muvozanatlik shartiga ko'ra $2FqR^i$ bo'ladi, bundan

$Fq m r \square^2 G' 2 \square$ ni aniqlaymiz.

Ushbu formula yordamida maxovikning aylanishida mumkin bo'lgan chegaraviy burchakli tezlik aniqlanadi, bundan ortiq burchakli tezlikda maxovik parchalanib ketishi mumkin.

17.5 masala. Sharnir orqali A nuqtaga biriktirilgan AV sterjenning og'irligi R bo'lib, uni gorizont holatgacha og'dirib, so'ngra boshlang'ich tezliksiz qo'yib yuboriladi (17.6 shakl). A sharnirdagi reaksiyahni j burchakning funktsiyasi sifatida aniqlansin.

ye ch i sh. Sterjenni ixtiyoriy holatda tasvirlab, Axu o'qlarni (u o'qini sterjen bo'ylab, x o'qini unga perpendikulyar ravishda) o'tkazamiz, sterjenga ta'sir etayotgan og'irlik kuchi $\bar{P}$ -ni hamda A nuqtaning reaksiyasi $\bar{X}_A$ va $\bar{Y}_A$ - larni shaklda tasvirlaymiz. Dalamber printsipligiga asosan, sterjen harakatidagi inertsia kuchlarini, avvalo A nuqtaga (17.2§ dagi 2 punktga q.) keltiramiz, so'ngra ularni yuqorida ko'rsatilgan kuchlarga qo'shamiz, U holda, inertsia kuchlari ikkita $\bar{R}_\tau^n$ va $\bar{R}_n^n$ tashkil etuvchilardan iborat bo'lgan bosh vektor $\bar{R}^n$ ga va A nuqtaga nisbatan momenti M_A^n bo'lgan juftga keltiriladi. (17.6') va (17.7) formulalar orqali ushbu inertsia kuchlarining va momentining modullarini aniqlaymiz

$$R_\tau^n = \frac{P}{g} a_{ct} = \frac{P}{g} \cdot \frac{1}{2} \varepsilon, \quad R_n^n = \frac{P}{g} a_{ct} = \frac{P}{g} \cdot \frac{1}{2} \omega^2, \quad M_A^n = J_A \cdot \varepsilon = \frac{P l^2}{3g} \varepsilon. \quad (a)$$

bu yerdagi l -sterjenning uzunligi; w va e - sterjenning burchakli tezligi va burchakli tezlanishi.

Ushbu yassi kuchlar sistemasi uchun statika kursidagi muvozanat tenglamalari sistemasini tuzamiz, ya'ni

$$\sum F_{kx} = 0, \quad \sum F_{ky} = 0, \quad \sum m_A(\bar{F}_k) = 0,$$

$$X_A - R \sin \varphi - Q R_{\tau}^n \cos \varphi, \quad Y_A - R \sin \varphi - R_n^n \cos \varphi, \quad M_A - R(lG'2) \sin \varphi. \quad (b)$$

Oxirgi tenglamadan, M_A^n ni uning qiymati bilan almashtirib, e ning qiymatini aniqlaymiz:

$$\varphi(3gG'2l) \sin \varphi. \quad (v)$$

φ - ning qiymatini aniqlash uchun (v) ni bir marta integrallash yoki kinetik energiyahning o'zgarish teoremasidan foydalanishimiz mumkin.

Kinetik energiya o'zgarish teoremasidan

$$T_0 \cos \varphi, \quad \frac{J_A \omega^2}{2} = \frac{Pl}{2} \sin \varphi \quad \text{va} \quad \frac{Pl^2}{3g} \omega^2 = Pl \sin \varphi \quad - \text{lardan} \quad \omega^2 = \frac{3g}{l} \sin \varphi$$

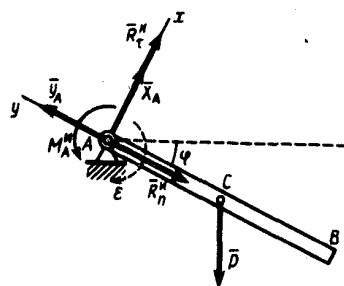
Aniqlangan ω^2 va e larning qiymatlarini (a) ga qo'ysak

$$R_{\tau}^n \cos \varphi(3RG'4) \sin \varphi, \quad R_n^n \cos \varphi(3RG'2) \sin \varphi.$$

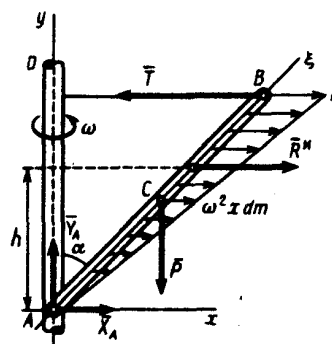
Ushbu aniqlangan qiymatlarni, (b) tenglamalarning birinchi ikkitasiga qo'ysak, axtarilayotgan noma'lumreaktsiyalarning son qiymatlarini aniqlaymiz

$$X_A \cos \varphi, 2,5R \sin \varphi, \quad Y_A \cos \varphi, 2,5 \sin \varphi.$$

Boshlang'ich payt ($\varphi=0$)da, $X_A \cos \varphi, 2,5R$, $Y_A \cos \varphi, 0$. Sterjen vertikal holatdan o'tayotgan payt ($\varphi=90^\circ$)da $X_A \cos \varphi, 0$, $Y_A \cos \varphi, 2,5R$.



17.6 shakl



17.7 shakl

17.6 masala. Og'irligi R , uzunligi l bo'lgan bir jinsli AV sterjen, φ qonst burchakli tezlik bilan aylanayotgan vertikal valga A sharnir orqali biriktirilgan (17.7 shakl). Sterjenni valga nisbatan α burchak ostida ushlab turuvchi gorizontall ipning tortilishi aniqlansin.

ye ch i sh. Dalamber printsipiga asosan, sterjenga ta'sir qilayotgan $\bar{P}$, $\bar{T}$, $\bar{X}_A$, $\bar{Y}_A$ tashqi kuchlar qatoriga inertsia kuchlarini qo'shamiz. Sterjenning massasi Dm bo'lgan har bir elementining inertsia kuchi $Dm \omega^2 x$ ga teng, bu yerdagi x sterjenning tegishli elementi bilan O_u aylanish o'qi orasidagi masofa. Chiziqli qonun bilan tarqalgan, ushbu parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchi vektori AVE uchburchakning og'irlik markazidan o'tadi, ya'ni Ax o'qidan $h(2G'3)$ sosa masofadan o'tadi. Ushbu teng ta'sir etuvchi vektor, inertsia kuchlarining bosh vektoriga [4] teng bo'lganligi sababli, (17.6) formulaga asosan

$$R^i q m a c q m \omega^2 x c q (R G' g) \omega^2 (l G' 2) \sin \alpha$$

(bu yerdagi x_s -sterjenning og'irlik markazi).

Endi, statikaning $\sum m_A (\bar{F}_k) = 0$ tenglamalarini tuzamiz,

$$T \sin \alpha - R^i h - R(l G' 2) \sin \alpha = 0.$$

Ushbu tenglamaga R^i va h larning qiymatlarini keltirib qo'ysak, T ning qiymatini aniqlaymiz

$$T = P \left(\frac{l \omega^2}{3g} \sin \alpha + 0,5 \tan \alpha \right)$$

B o sh q a ch a ye ch i m. Masalani bevosita integrallash yordami bilan, A markazga nisbatan inertsia kuchlarining momentlarini yig'indisini aniqlash mumkin. AV sterjen bo'ylab, Ax o'qini o'tkazamiz. Koordinatasi x dan iborat bo'lgan sterjenning har bir dx elementining inertsia kuchi $\omega^2 x dm$ bo'ladi. Ularning A markazga nisbatan momenti - $y \omega^2 x dm$ bo'ladi. U holda momentlar tenglamasi

$$\sum m_A (\bar{F}_k) = 0 \quad \text{yoki} \quad T \sin \alpha - P(l/2) \sin \alpha - \int_{(A)}^{(B)} \omega^2 xy dm = 0 \quad (a)$$

Integral ostidagi barcha qiymatlarni x orqali ifodalab olamiz,

$$x \sin \alpha. \quad Y q x s o s a, \quad d m q (m G' l) dx.$$

Oxirgi natija

$$\int_{(A)}^{(B)} \omega^2 xy dm = (m/1) \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha \int_0^{\bar{a}} \xi^2 d\xi = (P/3g) l^2 \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha$$

Ushbu qiymatni (a) tenglamaga qo'yib, T uchun, oldingi usul bilan olingan natijani hosil qilamiz.

17.4*. Aylanayotgan jismning o'qiga ta'sir etayotgan dinamik reaksiyalar.
Aylanayotgan jismlarni muvozanatlash.

A va V podshipniklarga biriktirilgan va AV o'q atrofida $\square$ burchakli tezlik bilan aylanma harakat qilayotgan qattiq jismni olib ko'ramiz (17.8 shakl). Qattiq jism bilan birgalikda harakatlanuvchi Axyz o'qlarni o'tkazamiz, bunday o'qlarga nisbatan jismning massa markazi va uning inertiya momenti o'zgaras qiyamatlardan iborat bo'ladi. Jismga $\bar{F}_1^e, \bar{F}_2^e, \dots, \bar{F}_n^e$ kuchlar sistemasi ta'sir etayotgan bo'lsin deb faraz qilaylik.

Ushbu kuchlarning bosh vektorini Axyz o'qlardagi proektsiyalarini R_x^e, R_y^e, R_z^e ($R_x = \sum F_{kx}^e$ va h.) bilan va o'sha o'qlarga nisbatan bosh momentning proektsiyalari M_x^e, M_y^e, M_z^e [$M_x^e = \sum m_x(\bar{F}_k^e)$ va h.k.]; wqsonst bo'lganligi uchun $M_z^e q_0$ bo'ladi.

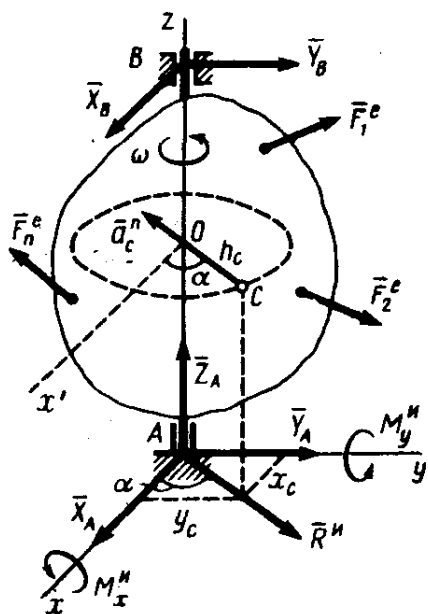
Podshipniklarga ta'sir etuvchi $X_A, Y_A, Z_A, X_B, Y_B, Z_B$ -lardan iborat bo'lgan dinamik reaksiyalarni, ya'ni jismning aylanishidan paydo bo'ladigan qo'shimcha reaksiyalarni aniqlash uchun, jismga ta'sir etuvchi reaksiya kuchi va tashqi kuchlar qatoriga aylanayotgan jismning inertiya kuchlari $\bar{F}_k^u$ -ni A nuqtaga keltirib, so'ngra qo'shamiz. U holda inertiya kuchlarining yig'indisi A nuqtaga qo'yilgan bitta $\bar{R}^u$ kuchga va momenti $\bar{M}_A^u = \sum \bar{m}_A(\bar{F}_k^u)$ bo'lgan juftidan iborat bo'ladi. Ushbu moment vektorining x va u o'qlaridagi proektsiyalari: $M_x^u = \sum m_x(\bar{F}_k^u), M_y^u = \sum m_y(\bar{F}_k^u)$; va yana $M_z^u q_0$ bo'ladi, chunki $\square$ qsonst.

Dalamber printsipiga asosan (17.5) formulalar orqali Axyz o'qlardagi proektsiyalardan iborat bo'lgan tenglamalarini tuzamiz, agar AVqb deb hisoblasak

$$\begin{aligned} X_A Q X_B Q R_x^e Q R_x^u q_0 \\ Y_A Q Y_B Q R_y^e Q R_y^u q_0 \\ Z_A Q R_z^e Q R_z^u q_0 \\ -Y_B b Q M_x^e Q M_x^u q_0; X_B b Q M_y^e Q M_y^u q_0, \end{aligned} \quad (17.9)$$

Oxirgi $M_z^e Q M_z^u q_0$ tenglama ayniyatga aylanib qoladi, chunki $M_z^e q_0$ va $M_z^u q_0$.

Inertiya kuchlarining bosh vektorini $\bar{R}^u$ q-m $\bar{a}_s$, bu yerdagi m -jismning massasi [(17.6) formulaga q.]. Agar $\square$ qsonst bo'lsa, massa markazi faqat normal tezlanishga ega bo'ladi xolos, $a_{Cn} q \square^2 h_C$, bu yerdagi h_C - massa markazidan o'qqacha bo'lgan masofa.



17.8 shakl.

Demak, $\bar{R}^n$ vektor OS chiziq bilan bir xil yo'nalishda bo'ladi; $h_C \cos \alpha$, $h_C \sin \alpha$, x_C , y_C massa markazining koordinatalari ekanligini e'tiborga olib, $\bar{R}^n$ vektorni koordinata o'qlarga proektsiyalasak:

$$R_x^n = m \omega^2 h_C \cos \alpha; \quad R_y^n = m \omega^2 h_C \sin \alpha; \quad R_z^n = 0.$$

$$R_z^n = 0.$$

M_x^n va M_y^n larni aniqlash uchun, jismning aylanish o'qidan h_k masofada joylashgan m_k massali zarrachasini tanlab olamiz; ω qonst bo'lganligi uchun, uning faqat markazdan qochma inertsia kuchi

$F_k^n = m_k \omega^2 h_k$ bo'ladi xolos va uning koordinata o'qlaridagi proektsiyalari $\bar{R}^n$ ning proektsiyasi kabi:

$$F_{kx}^n = m_k \omega^2 x_k, \quad F_{ky}^n = m_k \omega^2 y_k, \quad F_{kz}^n = 0.$$

U holda:

$$M_x^n = \sum m_k y_k z_k \omega^2 = -J_{yz} \omega^2; \quad M_y^n = \sum m_k x_k z_k \omega^2 = -J_{xz} \omega^2$$

$$M_z^n = \sum m_k x_k y_k \omega^2 = -J_{xy} \omega^2; \quad \text{bo'ladi.}$$

Xar bir nuqta uchun shunday tenglamalarni tuzib chiqib, ularni hadma-had qo'shamiz va umumiy ko'paytmalarni qavsdan chiqarib, qo'yidagi tenglamalarni olamiz:

$$M_x^n = \left(\sum m_k y_k z_k \right) \omega^2 = -J_{yz} \omega^2; \quad M_y^n = \left(\sum m_k x_k z_k \right) \omega^2 = -J_{xz} \omega^2 \quad (17.10)$$

bu yerdagi J_{yz} va J_{xz} lar tegishli bo'lgan markazdan qochma inertsia momentlari^[5]. Aniqlangan ushbu qiymatlarni (17.9) formulaga qo'ysak

$$X_A Q X_B = R_x^e - m x_C \omega^2; \quad Y_A Q Y_B = R_y^e - m y_C \omega^2$$

$$Z_A Q Z_B = R_z^e; \quad X_B Q X_A = M_y^n - J_{yz} \omega^2; \quad Y_B Q Y_A = M_x^n - J_{xz} \omega^2; \quad (17.11)$$

(17.11) tenglamalar sistemasi z qo'zg'almas o'qi atrofidagi o'zgarmas w burchakli tezlik bilan aylanma harakat qilayotgan jismning aylanish o'qiga ko'rsatadigan *dinamik reaksiyalarni* ifodalaydi.

(17.11) formuladagi $\square q_0$ bo'lgan holatdagi reaksiyalar *statik reaksiyalar* deb ataladi. (17.11) formuladan ko'rinib turgandek, dinamik reaksiyalar statik reaksiyalarga nisbatan bir necha marta katta bo'lishlari mumkin ekan va bu faqat $\square$ -ga bog'liq bo'libgina qolmasdan, balki jism massalarini Oz aylanish o'qiga nisbatan qanday joylashganligini aniqlovchi x_C, y_C, J_{xz}, J_{yz} harakteristikalariga ham bog'liq ekan.

Lekin, (17.11) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, agar:

$$x_C q_0, y_C q_0, \quad (17.12)$$

$$J_{xz} q_0, J_{yz} q_0 \quad (17.13)$$

bo'lsa, jismning aylanishi A va V podshipniklardagi reaksiyalarga bo'lgan (*qo'shimcha dinamik*) ta'siri nolga teng bo'lar ekan. (17.12) va (17.13) tengliklar, *aylanish o'qiga ko'rsatiladigan dinamik reaksiyalar, faqat statik reaksiyalardan iborat bo'lishligini* yoki *jismning z o'qi atrofidagi aylanma harakatni dinamik muvozanatlashganligini ifodalovchi shartlar* hisoblanadi.

(17.12) shart, massa markazi aylanish o'qida yotishi kerakligini anglatadi, (17.13) shart esa, A nuqtadan o'tuvchi aylanish o'qi jismning bosh inertsia o'qi bo'lishligi kerakligini anglatadi. Agar (17.12) va (17.13) shartlar bir vaqtning o'zida bajarilsa, u holda Az o'qi bosh markaziy inertsia o'qi hisoblanadi 27.3§ ga q.). Shunday qilib, *agar aylanish o'qi jismning birorta bosh markaziy inertsia o'qidan iborat bo'lsa, u holda jismning aylanish o'qidagi reaksiyalar faqat statik reaksiyalardan iborat bo'lar ekan xolos.*

Ushbu xulosa qattiq jismning notekis harakatida ham o'rinli bo'ladi. Yuqorida ko'rib o'tilgan masala J_{xz} va J_{yz} qiymatlarning mexanik mazmunini tushunishga yordam beradi, aniqrog'i: *markazdan qochma J_{xz} va J_{yz} inertsia momentlari, jismning z o'qi atrofidagi aylanma harakatining dinamik muvozanatlashganlik darajasini harakterlab beradi.*

Aylanayotgan jismlarni dinamik muvozanatlash masalasi juda muhim texnik masaladan iborat bo'lib, uning mohiyati bosh markaziy inertsia momentlarini aniqlashga borib taqalar ekan. 27.3§ da har qanday jism, hech bo'lmaganda uchta o'zaro perpendikulyar yo'nalgan bosh markaziy inertsia o'qiga ega bo'lishi mumkinligi ko'rsatib o'tilgan edi.

Endi esa, *jismning ichidan ixtiyoriy ravishda o'tkazilgan o'qqa, ikkita nuqtaviy massalarni qo'shish evaziga, uni bosh markaziy inertsia o'qiga aylantirish mumkin* ekanligi haqidagi amaliy, juda bir muhim qoidani ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, massasi m -dan iborat bo'lib, aylanayotgan jismning x_C, y_C, J_{xz}, J_{yz} harakteristikalari bizga ma'lumbo'lsin va ular nolga teng bo'lmasinlar. Qiymatlari m_1 va m_2 bo'lgan ikkita nuqtaviy massalarni, jismning (x_1, y_1, z_1) va (x_2, y_2, z_2) nuqtalariga mahkamlab joylashtiraylik. U holda (27.1) va (27.10) formulalarga asosan

$$\begin{aligned} m x_C Q_{m_1 x_1} Q_{m_2 x_2} q_0, \quad m y_C Q_{m_1 y_1} Q_{m_2 y_2} q_0 \\ J_{xz} Q_{m_1 x_1 z_1} Q_{m_2 x_2 z_2} q_0, \quad J_{yz} Q_{m_1 y_1 z_1} Q_{m_2 y_2 z_2} q_0 \end{aligned} \quad (17.14)$$

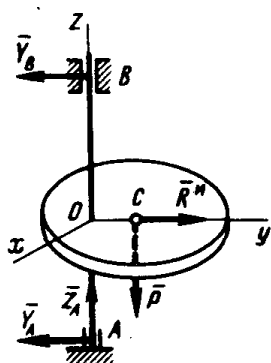
tenglamalar qanoatlansa, u holda bu jism uchun $x'_C q y'_C q J'_{xz} q J'_{yz} q_0$ bo'ladi, ya'ni z o'qi bosh markaziy inertsia o'qi bo'lib qoladi; m_1 va m_2 massalarni va ularning koordinatlarini (17.14) formulaga asoslanib tegishliicha tanlab olinsa, oldimizga qo'yilgan masala bajariladi. Ushbu qiymatlardan bir qismini o'zimiz tanlab olishimiz kerak. Masalan, m_1, m_2 va z_1, z_2

(ammo z_1, z_2 -ga teng bo'lmisligi kerak) eanligini o'zimiz tanlasak, x_1, x_2, y_1, y_2 larni (17.14) tenglamalar orqali aniqlanadi.

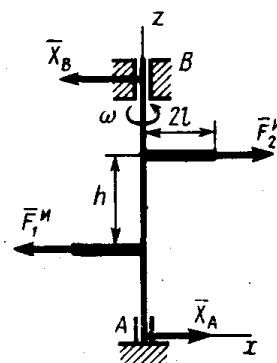
Aylanuvchi jismlarni muvozanatlashtirish usuli, texnika sohasidagi tirsakli vallar, krivoshiplar, sparniklar va b., -larni dinamik muvozanatlashda keng qo'llaniladi. Xamda, eng oxirgi natijaviy muvozanatlash ishlari maxsus stendlar yordamida amalga oshiriladi.

Konkret masalalarni yechishda o'qqa tushayotgan bosim kuchlarni (17.11) formuladagi tayyor ifodalar orqali hisoblanmaydi, balki har bir masala uchun Dalamber printsipini qo'llab alohida tenglamalar tuziladi.

17.7 masala. Yuzasiga perpendikulyar bo'lgan diskning aylanish o'qi, massa markazidan OSqb masofaga siljitib o'rnatilgan. Diskning og'irligi R va uning burchakli tezligi ω qsonst. Agar OAqOVqh bo'lsa, A va V podshipniklardagi dinamik reaksiyalar aniqlansin.



17.9 shakl



17.10 shakl

ye ch i sh. Disk bilan birgalikda aylanadigan va Ou o'qi massa markazi S nuqtadan o'tuvchi Oxyz o'qlarini o'tkazamiz (17.9 shakl). Oz o'qi O nuqtadagi bosh inertsia o'qi hisoblanadi, chunki Oxu tekisligi, diskning simmetrik tekisligi hisoblanadi. U holda, $J_{xz} = J_{yz} = 0$ va (17.10) formuladan hamda ω qsonst bo'lganligi uchun $\bar{M}_O = 0$ bo'ladi. Demak, inertsia kuchlari O nuqtadan o'tuvchi va OS chiziq (Ou o'qi) bo'ylab yo'nalgan faqat bitta teng ta'sir etuvchiga keltirilar ekan. Moduli esa $R^i q m a_{Cnq} (R G' g) b \omega^2$. $\bar{P}$ va $\bar{R}^n$ bitta Oxu tekisligida joylashganligi uchun podshipniklarning dinamik reaksiyalari ham shu tekislikda yotadilar, ya'ni A nuqtada Y_A, Z_A va V nuqtada Y_B lardan iborat bo'ladi.

U holda, Dalamber printsipiga asoslanib, jismga ta'sir etuvchi barcha aktiv va inertsia kuchlarining y va z o'qlaridagi proektsiyalarini, hamda A markazga nisbatan momentlarini tuzib, qo'yidagi tenglamalar sistemasini olamiz:

$$R^i - Y_A - Y_B = 0, \quad Z_A - R = 0,$$

$$Y_B = 2h - Rb - R^i h q.$$

Ushbu tenglamalarni nomaolumlarga nisbatan yechamiz:

$$Y_B = qRb(\omega^2 G' 2gQ - 1G' 2h), \quad Y_A = qRb(\omega^2 G' 2g - 1G' 2h), \quad Z_A = qR.$$

Y_A va Y_B reaksiyalar jism bilan birgalikda harakatlanuvchi Oxu tekislikda joylashadilar.

17.8 masala. Uzunligi b ga teng bo'lgan vertikal AV valga, perpendikulyar ravishda ikkita bir xil sterjen bir-birlaridan h masofada payvand qilingan (17.10 shakl) har bir sterjenning uzunligi $2l$, massalari m . Og'irlik kuchlarini hisobga olmasdan, o'zgarmas ω burchakli tezlik bilan aylanayotgan shu valning aylanish o'qiga bo'lgan dinamik bosim kuchlari aniqlansin.

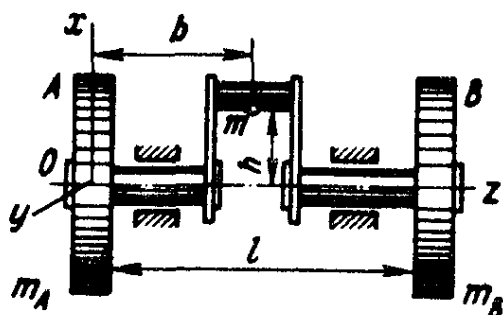
ye ch i sh. Dalamber printsiptiga asosan, podshipniklarning reaksiyalari va inertsia kuchlari muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasini tashkil etadilar. Ushbu masalada, har bir sterjenning inertsia kuchlarining modullari

$$F_1'' = m l \omega^2, \quad F_2'' = m l \omega^2$$

ga teng bo'lib, $\bar{X}_A$ va $\bar{Y}_B$ lar bilan o'zaro muvozanatlashuvchi juft kuchlarni hosil qiladilar. Shu sababli, $X_A = F_1'' h$ bo'ladi, bundan

$$X_A = X_B = F_1'' h = m l \omega^2 h.$$

Juft kuchlar har doim val bilan birgalikda aylanma harakat qilayotgan Axu tekisligida joylashadi.



17.11 shakl.

17.9 masala. Bir tsilindrli dvigatelning tirsakli valiga, har birining radiuslari $r_0 = 0,5$ m bo'lgan ikkita A va V maxoviklar o'rnatilgan. Tirsakli valning bo'yinlarining massalari $m_1 = 21$ kg bo'lib, ular aylanish o'qidan $h_0 = 0,2$ m masofada joylashgan bo'lsalar, shu sistemani dinamik balansirlanishi uchun maxoviklarning zarur bo'lgan m_1 va m_2 massalarini qiymatlari aniqlansin; $b_1 = 0,6$ m va $b_2 = 1,4$ m (17.11 shakl).

ye ch i sh. Tirsakli val o'qining Oxz tekisligida joylashtirilgan holda val bilan birgalikda aylanma harakat qiluvchi Oxyz o'qlarni o'tkazamiz. U holda Oxz tekisligi simmetrik tekislik bo'ladi va O u o'qi O nuqta uchun bosh inertsia o'qi hisoblanadi. Shu sababli, $J_{yz} = 0$ bo'ladi. Xamda, agar sistemaning umumiy massasini M harf bilan belgilasak, bu sistema uchun

$$x_C = m h G^* M, \quad J_{xz} = m h b.$$

Oxirgi natija shundan kelib chiqdiki, sistemaning markazdan qochma inertsia momenti, uning qismlari markazdan qochma inertsia momentlarining yig'indisiga teng bo'ladi. Maxovik va uning atrofidagi qismlarining markazdan qochma inertsia momentlari J_{xz} nolga teng bo'ladi (Oz o'qi, simmetriya o'qi).

U holda, (17.14) tenglamalardan ko'rinib turganidek, koordinatalari $y_A = 0$ va massalari esa m_A va m_B larga teng bo'lgan yuklarni sistemaga qo'shsak

$$M x_C = m_A x_A + m_B x_B = 0, \quad J_{xz} = m_A x_A z_A + m_B x_B z_B = 0$$

tengliklarni qanoatlantirishi lozim bo'ladi. Yuklar maxoviklarning gardishlariga mahkamlanganligi sababli z_{Aq0} , z_{Bql} va $x_{Aq}x_{Bq}-r$ (agar ishora musbat bo'lsa tenglama yechimga ega bo'lmaydi, yuklar pastda joylashgan bo'lishlari shart). Ushbu tenglamalarni yechib, nomaolumlarni aniqlaymiz

$$m_A q(l-b)hmG'(r)q4,8kg, \quad m_B qbhmG'(r)q3,6 kg.$$

Bunday massali yuklar sistemaga qo'yilsa, sistema muvozanatlashadi va Oz o'qi jismning bosh markaziy inertsia o'qi bo'lib qoladi (lekin simmetriya o'qi emas).

Tayanch so'z va iboralar: Dalamber printsipi, inertsia kuchi, inertsia kuchlarining bosh vektori va bosh momenti. Statik reaksiya, dinamik reaksiya, dinamik muvozanat, ixtiyoriy o'qlarni bosh markaziy o'qqaa aylantirish, mexanizmlarni dinamik muvozanatlashtirish. simmetriya o'qi.

Xulosalar:1. Dalamber printsipi mexanikaning asosiy printsiplaridan biri bo'lib, inertsia kuchi degan tushunchani kiritish orqali, dinamika masalalarini statika tenglamalari orqali yechishga yo'l ochib berar ekan.

2. Texnikada dinamikaning sof birinchi yoki sof ikkinchi masalalaridan tashqari aralash masalalar ham ko'p uchrab turadi. Masalan, jismga ta'sir etayotgan kuchlarning bir qismi ma'lumbo'lib birortasi noma'lumbo'lib, jismning harakat qonuni bizga ma'lum bo'lsa, bunday masalalarni yechishda Dalamber printsipi juda qo'l kelar ekan.
3. Dalamber printsipini qo'llashdan avval, harakatlanayotgan jismning inertsia kuchini aniqlab olish lozim bo'lar ekan.
4. Xaraktarlarning turlariga qarab inertsia kuchlari ham turlicha usulda aniqlanar ekan.
5. Inertsia kuchlarini aniqlab, ularni ham aktiv kuch qatorida hisoblab, statikadagi muvozanat tenglamalarini tuzib, noma'lumkuchlarga nisbatan tenglamani yechilar ekan.
6. Dalamber printsipi, aylanma harakat qilayotgan jismning aylanish o'qiga ko'rsatadigan dinamik reaksiyalarini aniqlashda juda katta ahamiyat kasb etar ekan
7. Dalamber printsipi yordamida massa markazi aylanish o'qidan o'tmagan mexanizmlarni balansirovka qilishda asosiy nazariya bo'lib xizmat qilar ekan.
8. Agar zarur bo'lsa, Dalaamber printsip yordamida, ixtiyoriy o'qni bosh maarkaziy o'qqa aylantirish mumkin ekan.
9. Dalamber printsipi orqali har qanday mexanizmni dinamik muvozanatlash mumkin ekan.
10. Keyingi maavzularda Dalamber printsipi orqali dinamikaning juda soddalashgan harakat tenglamalarini keltirib chiqarilishi ko'rib o'tiladi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Dalamber printsipining mohiyatini tushuntirib bering?
2. Qanday masalalarni yechishda Dalamber printsipini qo'llash yaxshi natija beradi?
3. Ilgarilama harakatdagi jismning inertsia kuchi qanday aniqlanadi?
4. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning inertsia kuchi qanday aniqlanadi?
5. Tekislikka parallel harakatdagi qattiq jismning inertsia kuchi qanday aniqlanadi?

6. Statik reaksiyalar deb qanday reaksiyalarga aytiladi?
7. Dinamik reaksiyalar deb qanday reaksiyalarga aytiladi?
8. Dinamik muvozanatlashtirish deb nimani tushunasiz?
9. Texnikaning qaysi sohalarida dinamik muvozanatlashtirish eng asosiy vazifalardan biri hisoblanadi?
10. O'zingizning hayotingizda dinamik muvozanatlashtiruvchi jihozni uchratganmisiz?
11. Dinamik muvozanatlashmagan jihozlar qanday nosozlikka olib kelishini bilasizmi?
12. Avtomobilning kuzovini dinamik muvozanatlashtirish shartmi?
13. Ot aravaning g'ildiragin dinamik muvozanatlashtirish kerakmi?

"Nazariy mexanika" o'quv mashg'ulotida ta'lim texnologiyasi modeli.

Mavzu 18: Mexanik sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari.

Vaqt: 2 soat	Talabalar soni 75 ta
<i>O'quv mashg'ulotining shakli va turi</i>	Ma'ruza
<i>Ma'ruza rejasi:</i>	Mexanik sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari. Mexanik sistema harakat miqdori o'zgarish teoremasi. Mexanik sistemaning harakat miqdori. Xarakat miqdorining o'zgarish teoremasi. Xarakat miqdorini saqlanish qonuni. Mexanik sistema harakat miqdorining bosh momenti. harakat miqdori bosh momentining o'zgarishi haqidagi teorema. Xarakat miqdori bosh momentining saqlanish qonuni.
<i>O'quv mashg'ulotning maqsadi:</i>	Talabalarda mexanik sistema uchun dinamikaning umumiy teoremlari tadbirini o'rganishni shakllantirish.
<i>Pedagogik vazifalar:</i> - Mavzu bilan tanishtirish - Mexanik sistema harakat miqdori o'zgarish teoremasi tushunchasini berish - Mexanik sistema harakat miqdorining bosh momenti masalasi - Xarakat miqdorining o'zgarish teoremasi oid amaliy ko'nikmalar	<i>O'quv faoliyati natijalari;</i> Mexanik sistema harakat miqdori o'zgarish teoremasi. Xarakat miqdori bosh momentining saqlanish qonuni. olgan tushunchalari bo'yicha talabalardagi ko'nikmalar shakllantiriladi.
<i>Ta'lim usullari</i>	<i>Ma'ruza, aqliy xujum, muammoli vaziyatlar</i>
<i>Ta'lim shakli</i>	<i>Guruhlarda ishlash</i>
<i>Ta'lim vositalari</i>	<i>Ma'ruza matni, texnik vositalar, plakatlar</i>

<i>Ta'lim berish sharoiti</i>	<i>Texnika vositalari bilan jihozlangan, guruhli shakllarda ishlashga mo'ljallangan xonalar, loybaratoriya xonalari.</i>
<i>Monitoring va baxolash.</i>	<i>Og'zaki so'rov: tezkor-so'rov kompyuterda test yechish, loybaratoriya o'tkazish</i>

«Nazariy mexanika» kursi bo'yicha ma'ruzalar
18 ma'ruza

Mavzu: Analitik mexanika. Mumkin bo'lgan ko'chishlar Dinamikaning umumiy tenglamasi

Mavzuning rejasi

1. **Mumkin bo'lgan ko'chishlar. Erkinlik darajasi**
2. Mumkin bo'lgan ko'chishlar printsiplari.
3. Dinamikaning umumiy tenglamasi.
4. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar.
5. Umumlashgan kuchlar,
6. Mexanik sistemaning umumlashgan koordinatalardagi muvozanatlik sharti,
7. Lagranjning tenglamasi.
8. Masalalar yechish.

18.1. Mumkin bo'lgan ko'chishlar. Erkinlik darajasi.

Yuqoridagi masalalarda ko'rib o'tganimizdek, mexanik bog'lanishlarning samarasini, faqat ularning ko'rsatgan reaksiyalarini tenglamaga kiritish orqaligina aniqlash mumkin edi. Endi esa mexanik sistemalarga qo'yilgan bog'lanishlarni hisobga olgan holda, ular tomonidan qo'yiladigan cheklanishlarni hisobga olgan holda, mexanik sistemalarning harakatlari orqali ham aniqlash mumkin ekanligini ko'rib o'tamiz. Bunday yo'l bilan reaksiyalari noma'lum bo'lgan mexanik sistemalarning muvozanat yoki harakat tenglamalarini to'g'ridan-to'g'ri tuzish mumkin ekanligini ko'rib o'tamiz, natijada mexanika masalarini yechish ancha soddalashadi.

Yuqorida aytib o'tilgan *mumkin bo'lgan (virtual) ko'chishlar*, qo'yidagi shartlarni bajarishi lozim: 1) ular o'ta kichkina bo'lishlari kerak, aks holda sistemaning katta ko'chishlarida u mutloq boshqa sistemaga aylanib qolishi mumkin va bog'lanishlarning samarasi o'zgarib qoladi; 2) shu elementar ko'chishda, sistemaga qo'yilgan barcha bog'lanishlar saqlanib qolinishi kerak, aks holda sistema boshqa turdagi bog'lanishlar ta'siriga kirib qolishi mumkin.

Masalan, (18.4§ dagi) 18.3 shakldagi krivoship-shatunli mexanizmni olib ko'raylik, agar sistemani shaklda ko'rsatilgan holatdan q_0 holatga ko'chirsak, bunday ko'chishni mumkin bo'lgan ko'chish deb hisoblash mumkin emas. Chunki, bog'lanishlarning q_0 bo'lgan holatdagi samarasi butunlay boshqacha bo'ladi va shu xususiy holni olib ko'radigan bo'lsak, $\bar{P}$ kuch va momenti $\bar{M}$ ga teng bo'lgan juft ta'siridagi mexanizmning muvozanat tenglamasi ham mutloq boshqacha bo'ladi. Shunga o'xshash yana bir holat, ya'ni shatunning

V nuqtasini, AV shatun bo'ylab hatto elementar ko'chishi ham aslo mumkin emas; bunday bo'lishi uchun mexanizm umuman boshqa mexanizmga aylanib qoladi, ya'ni V polzuning o'rniga tebranuvchi mufta qo'yilgan, mutloq boshqa turdagi mexanizmga aylanib qoladi.

Shunday qilib, *mexanik sistemaning mumkin bo'lgan ko'chishi deb, sistemaga qo'yilgan bog'lanishlar tomonidan ko'rsatiladigan chegaralanishlar saqlangan holda, uning mazkur holatidan bog'lanishlarning ta'siri o'zgarmaydigan ixtiyoriy bo'lgan boshqa hamma holatlardagi elementar ko'chishlar mumkin bo'lgan ko'chishlar deb ataladi*. Agar ushlab tura olmaydigan bog'lanishlar qo'yilgan bo'lsa, bunday elementar ko'chishda, bog'lanish saqlanib qolingan bo'lishligi zarur (sistemaning nuqtalari «erkin» holatga o'tib olmasligi lozim).

Bundan keyingi mavzularda, harakatdagi jism nuqtasining dt vaqt ichidagi haqiqiy ko'chishi $\vec{dr}$ -ni va nuqtaning unga qo'yilgan bog'lanishlar saqlanib qolingan holdagi mumkin bo'lgan, lekin amalga oshirilmagan ixtiyoriy ko'chishlarini farqlab olish lozim bo'ladi.

Shu sababli nuqtaning mumkin bo'lgan ko'chishlarining barchasini $\delta\vec{r}^1$ elementar vektor bilan belgilaymiz. Uning modulini $|\delta\vec{r}|$ bilan belgilaymiz va $\delta\vec{r}$ -ning koordinata o'qlardagi proektsiyalarini tegishli δx , δy , δz bo'ladi; ushbu proektsiyalar nuqtaning koordinatalarini mumkin bo'lgan ko'chishidagi elementar orttirmalaridan iborat bo'lib, nuqtaning harakatini differentsiallashtirish kabi shartli (formal, haqiqiy bo'lmagan) ravishda aniqlanadi.

Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, agar bog'lanishlar statsionar bo'lsa, ixtiyoriy mexanik sistema nuqtasining mumkin bo'lgan $\delta\vec{r}$ ko'chishlaridan bittasi, albatta haqiqiy $\vec{dr}$ ko'chish bilan ustma-ust tushadi. Agar bog'lanish nostatsionar bo'lsa, birorta mumkin bo'lgan ko'chish, haqiqiy elementar ko'chish bilan ustma-ust tushmaydi.

Buni 18.1§ dagi harakatlanayotgan lift ichidagi yukning (23.13, a shakl) misolida ko'rib chiqamiz. Bu yerdagi yuk uchun $\delta\vec{r}$ vektori AV bo'ylab yo'naladi, $\vec{dr}$ -esa AV bo'yicha bo'lgan elementar ko'chish, hamda AV ga perpendikulyar bo'lgan $\vec{V}dt$ dan iborat lift bilan birgalikdagi elementar ko'chishlarning vektor yig'indisidan iborat bo'ladi; shu sababli $\vec{dr}$ vektori AV ga qandaydir burchak ostida yo'nalgan bo'ladi, natijada u birorta $\delta\vec{r}$ bilan ustma-ust tusha olmaydi.

Umuman olganda, har qanday mexanik sistema, bir nechta mumkin bo'lgan ko'chishlarga ega bo'lishligi mumkin. Lekin biz ko'rib o'tadigan ixtiyoriy sistemalar uchun, ma'lummiqdordagi mumkin bo'lgan ko'chishlarni tanlab olish mumkin bo'lib, qolgan barcha mumkin bo'lgan ko'chishlar ular orqali ifodalanadi. Masalan, birorta tekislik (yuza)ning ustida joylashgan nuqtaning mumkin bo'lgan ixtiyoriy ko'chishini, o'zaro perpendikulyar bo'lgan ikkita $\delta\vec{r}_1$ va $\delta\vec{r}_2$ elementar ko'chishlar orqali ifodalash mumkin bo'ladi, ya'ni $\delta\vec{r} = a\delta\vec{r}_1 + b\delta\vec{r}_2$, bu yerdagi a va b -ixtiyoriy bo'lgan musbat yoki manfiy sonlar.

Mexanik sistemaning o'zaro bog'liq bo'lmagan mumkin bo'lgan ko'chishlarining soni, uning erkinlik darajasiga teng bo'ladi.

Shu sababli, tekislikda joylashgan nuqta ikkita erkinlik darajasiga ega bo'ladi; uning tekislik ustidagi ixtiyoriy holatini bir vaqtning o'zida ikkita o'zaro bog'liq bo'lmagan (har bir koordinata ikkinchisiga bog'liq bo'lmagan) koordinatalar orqali aniqlash mumkin bo'ladi, masalan, x va u koordinatalar orqali. Erkin moddiy nuqtaning erkinlik darajasi uchta (o'zaro perpendikulyar bo'lgan uchta o'qlar bo'yicha harakatlanishi mumkin) bo'ladi; nuqtaning holati bir vaqtning o'zidagi o'zaro bog'liq bo'lmagan x, y, z koordinatalar orqali aniqlanadi.

Ushbu natija, umumiy hisoblanadi, ya'ni *geometrik bog'lanishlarga ega bo'lgan mexanik sistemaning holatini aniqlovchi, o'zaro bog'liq bo'lmagan koordinatalar soni, sistemaning erkinlik darajasiga teng bo'ladi*. Shu sababli, bunday sistemalarning erkinlik darajasini, mumkin bo'lgan ko'chishlar soni orqali yoki o'zaro bog'liq bo'lmagan koordinatalar orqali aniqlash mumkin ekan.

Masalan, krivoship-shatunli mexanizmning (18.3 shakl) erkinlik darajasi bitta (mumkin bo'lgan ko'chishlar soni bitta, masalan, OA krivoshipning aylanishi va $\square$ burchakdan iborat bo'lgan bitta koordinata) bo'ladi. Erkin qattiq jismning erkinlik darajasi oltita (uchta o'qlar bo'yicha ilgari lama va uchta o'qlar atrofidagi aylanma harakatdan iborat bo'lgan ko'chishlar va qutbning uchta o'zaro bog'liq bo'lmagan koordinatasi, hamda qutb atrofidagi Eyler burchaklarining koordinatalaridan iborat) bo'ladi.

18.2. Mumkin bo'lgan ko'chishlar printsiplari

Mexanik sistemaning umumiy muvozanat shartlarini belgilovchi mexanikaning yana bir muhim printsiplari bilan tanishib chiqamiz. Muvozanat holat deb, sistemaning shunday holatiga aytiladiki, unda sistemaga qo'yilgan barcha kuchlar ta'siridagi sistemaning hamma nuqtalari («absolyut» sistema deb hisoblanuvchi) inertsiyal sistemaga nisbatan tinch holatda bo'ladi. Xamda shu sistemaga qo'yilgan bog'lanishlar statsionar deb hisoblanadi, shu sababli keyinchalik bu haqda alohida yana aytib o'tilmaydi.

Moddiy nuqtaning harakatida, uning haqiqiy elementar ko'chishlaridan birortasi bilan ustma-ust tushadigan mumkin bo'lgan ko'chishda, shu nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning bajarishi mumkin bo'lgan elementar ishni, *mumkin bo'lgan ish* deb ataladi. Sistemaga ta'sir etuvchi $\bar{F}^a$ aktiv kuchlarning mumkin bo'lgan ko'chishda bajargan ishlarini $\square A^a(\square A^a \square \delta \bar{r})$ va reaksiya kuchlari $\bar{N}$ -ning bajargan ishlarini $\square A^r(\square A^r \square \bar{N} \square \delta \bar{r})$ orqali belgilaymiz.

Endi ilgari biz foydalangan ideal bog'lanishlar tushunchasining umumiy ifodasini kiritamiz: *ideal bog'lanishlar deb, shunday bog'lanishlarga aytiladiki, sistemaning mumkin bo'lgan ixtiyoriy ko'chishlarida, ularning bajargan elementar ishlarining yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni*

$$\square \delta A_k^r = 0 \quad (18.1)$$

Agar bog'lanishlar statsionar bo'lsa, 29.3§ dagi (29.12) tenglik orqali ideal bog'lanishlarning sharti (18.1) ifoda bilan bir xil bo'ladi, chunki statsionar bog'lanishlardagi mumkin bo'lgan ko'chishlardan bittasi haqiqiy ko'chish bilan albatta ustma-ust tushadi. Shu sababli 29.3§ da ko'rib o'tilgan bog'lanishlar, ideal bog'lanishlar hisoblanadilar.

Sistemaning muvozanatini zaruriy sharti shundan iborat bo'ladiki, agar ideal bog'lanishlarga ega bo'lgan mexanik sistema, unga qo'yilgan kuchlar ta'sirida muvozanatda bo'lsa, sistemaning mumkin bo'lgan ixtiyoriy ko'chishida

$$\square \square A^a = 0 \quad (18.2)$$

yoki

$$\square \bar{F}_k^a \square \delta \bar{r}_{kq} F_k^a \square s_{ksos} \square_{kq} = 0 \quad (18.2')$$

bo'lishi shart, bu yerdagi $\square_k$ -k nuqtaning mumkin bo'lgan ko'chish vektori bilan kuch vektori orasidagi burchak.

Sistemaning ixtiyoriy V_k nuqtasiga ta'sir etuvchi barcha (tashqi va ichki) aktiv kuchlarning va bog'lanish reaksiyalarining teng ta'sir etuvchilarini $\bar{F}_k^a$ va $\bar{N}_k$ bilan belgilaymiz. U holda har bir nuqta muvozanatda bo'lganligi sababli $\bar{F}_k^a \square \bar{N}_k = 0$ bo'ladi, shu sababli V_k nuqtaning mumkin bo'lgan ixtiyoriy ko'chishidagi bajarilgan ishlar ham nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$\square \square A_k^a \square \square A_k^r = 0.$$

Lekin bog'lanishlar ideal bo'lganliklari va $\delta \bar{r}_k$ sistema nuqtalarining mumkin bo'lgan ko'chishlaridan iborat ekanligi sababli (18.1) shartga ko'ra ikkinchi yig'indi nolga teng bo'ladi. U holda birinchi yig'indi ham o'z-o'zidan nol bo'lar ekan, ya'ni (18.2) shart ham bajariladi. Shunday qilib, (18.2) tenglik mexanik sistema muvozanatining zaruriy sharti

ekanligini isbot qildik. Endi esa shu shart yetarli ham ekanligini, ya'ni agar muvozanat holatdagi mexanik sistemaning nuqtalariga (18.2) shartni qanoatlantiruvchi $\bar{F}_k^a$ aktiv kuchlarni qo'ysak, sistema muvozanat holatini o'zgartirmaydi. Aksincha qarab ko'raylik, ya'ni sistema harakatga kelib, uning ayrim nuqtalari $d\bar{r}_k$ dan iborat bo'lgan haqiqiy elementar ko'chishlar olsin. U holda ushbu ko'chishda $\bar{F}_k^a$ kuchlari ish bajaradilar va kinetik energiyahning o'zgarish teoremasiga asosan

$$dT = \sum_k \bar{A}_k^a \cdot (d\bar{A}_k^a \bar{F}_k^a \cdot d\bar{r}_k)$$

bu yerda, $dT > 0$ bo'ladi, chunki sistema avval muvozanatda bo'lgan edi; shu sababli $\sum_k \bar{A}_k^a > 0$ bo'ladi. Lekin statsionar bog'lanishlarda, haqiqiy elementar ko'chish $d\bar{r}_k$, mumkin bo'lgan $\delta\bar{r}_k$ ko'chishlarning birortasi bilan ustma-ust tushadi va bu ko'chishda $\sum_k \bar{A}_k^a > 0$ bo'lishi kerak, bu esa (18.2) shartni qanoatlantirmaydi. Shunday qilib, agar sistemaga qo'yilgan kuchlar (18.2) shartni qanoatlantirsa, sistema muvozanat holatdan chiqmaydi, natijada ushbu shart yetarli hisoblanadi.

Yuqorida isbot qilinganlar asosida qo'yidagi mumkin bo'lgan ko'chish printsiipi¹ kelib chiqadi: *ideal bog'lanishlarga ega bo'lgan mexanik sistema muvozanatda bo'lishining zaruriy va yetarli sharti shundan iborat ekanki, sistemaning mumkin bo'lgan ixtiyoriy ko'chishida, unga ta'sir etuvchi aktiv kuchlarning bajargan elementar ishlarining yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak.* Muvozanatning matematik sharti (18.2) tenglik orqali ifodalanadi va uni mumkin bo'lgan ishlar tenglamasi deb ataladi. Ushbu tenglikning analitik ifodasini qo'yidagicha yozish mumkin:

$$\sum (F_{kx}^a \delta x_k + F_{ky}^a \delta y_k + F_{kz}^a \delta z_k) = 0 \quad (18.3)$$

Mumkin bo'lgan ko'chish printsiipi mexanik sistemaning umumiy muvozanat shartini belgilab beradi. Natijada, sistema qism (jism)larining muvozanatlik shartlarini alohida-alohida ko'rib chiqishlikning hojati qolmaydi va ideal bog'lanishlarga ega bo'lgan sistemalarning noma'lumreaktsiyalari tenglamadan chiqib ketadi

НАЗАРИЙ МЕХАНИКА ФАНИДАН АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР

1-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Статика. Вир нуктада учрашувчи кучлар тизимининг мувозанатига доир масалалар ечиш

1.1-масала. AC va VC стегженлар о'зaro va вертикал девор билан шагниглаг воситасида биғиктигилган (**1.14, а-шакл**). С шагнигга оғиглиги $R=1000\text{H}$ бо'лган юк осилган. Агар стегженлар оғасидаги бугчак $\alpha = 60^\circ$ va AC стегжен билан девор оғасидаги бугчак $\beta = 30^\circ$ бо'лса, стегжнлагининг оғиглигини ҳисобга олмай улагда ҳосил бо'ладиган зо'ғикишлар аниқлансин.

1.14-шакл

Изоҳ. Стегжен бо'йлаб йо'налган чо'зувчи ёки сиқувчи куч стегжендаги зо'ғикиш деб аталади. Чо'зувчи кучдан фағқ қилиш учун сиқувчи кучни манфий сон билан ифодалаймиз. Стегжендаги зо'ғикиш миқдоғ жихатидан шу стегженнинг реакция кучи N га тенг бо'лади.

Ечиш. С шагнигни моддий нукта деб қараб унинг мувозанатини текшигамиз. С нуктага $R=1000\text{ H}$ бо'лган вертикал пастга йо'налган оғиглик кучи ко'йилган. AC va VC стегженлагнинг реакция кучлағи шу стегженлар бо'йлаб йо'налган бо'либ, улағни мос гавишда

$\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ билан белгилаймиз. Натижада $\vec{P}, \vec{N}_1, \vec{N}_2$ кучлаг С нуктада кесишувчи кучлар системасини ташкил этади. $\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ реакция кучини аниклаш учун кесишувчи кучлар системаси мувозанатининг геометтик шағтидан фойдаланамиз. Унга ко'ра $(\vec{P}, \vec{N}_1, \vec{N}_2)$ кесишувчи кучлар системаси таъсигидаги С нукта мувозанатда бо'лиши учун улагнинг геометтик йиғиндиси нолга тенг бо'лиши керак.

$$\vec{P} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 = 0$$

Яъни $\vec{P}, \vec{N}_1, \vec{N}_2$ кучларга қўйилган куч учбугчаги ёпиқ бо'лиши керак. Куч учбугчагини чизиш учун биор масштабда ихтиёрий Д нуктада $\vec{P}$ кучни о'зига пагалел гавишда о'тказамиз (**1.14, б-шакл**). $\vec{P}$ кучнинг боши Д ва учидаги Е нукталагдан АС ва ВС стегженларга пагаллел чизиклар о'тказамиз. Бу чизикларнинг кесишган нуктасини К билан белгиласак, ҳосил бо'лган ДЕК учбугчак изланаётган ёпиқ куч учбугчагини ифодалайди. Вунда КД ва ЕК векторлар мос гавишда $\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ реакция кучларини ифодалайди. ДЕК учбугчакнинг КД ва КЕ томонларини

бегилган масштаб биғлигида о'лчаб, $\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ кучларнинг модулларини аниқлаймиз.

$\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ лағни ДЕК учбугчакдан тригонометрик йо'л билан ҳам аниклаш мумкин.

Ҳақиқатан ҳам, ясашга ко'ра $AB \parallel DE$, $AC \parallel DK$ ва $BC \parallel EK$ бо'лгани учун $KDE = \beta = 30^\circ$ ва $EKD = \alpha = 60^\circ$, винобагин $\triangle DEK$ то'ғи бугчакли бугчакдан

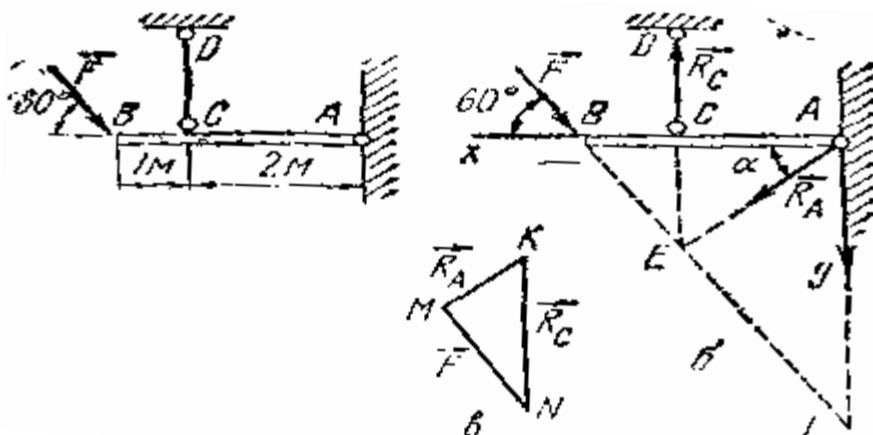
$$N_1 = \frac{P}{\sin \alpha} = \frac{1000}{\sqrt{3}/2} = 1154H$$

$$N_2 = P \operatorname{ctg} \alpha = 1000 \sqrt{3/3} = 577H$$

муносабатларни оламиз.

$\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ лағ АС ва СВ стегженларнинг С шағнига таъсиг кучини, яъни мазкут стегженларнинг реакция кучларини ифодалайди. Стегженлардаги зо'ғиқишларни топиш учун стегженларнинг сиқилиш ёки чо'зилишини аниқлаймиз. Агаг реакция кучи С шағнигдан стегжен бо'йлаб йо'налса, стегжен чо'зилади; реакция кучи С шағнига йо'налса, стегжен сиқилади. Вуни назагда тутиб, топилган кучларни С шағнига қо'йсак, (**1.14, в-шакл**), АС стегжен чузилиши ва СВ стегжен сиқилишини ко'ғамиз. Шу сабабли $S_1 = N_1 = 1154H, S_2 = -N_2 = 577H$.

1.2-масала. 1.15-шаклда тасвиғланган АВ балка CD стегжен воситасида гогизонтал ҳолатда тутиб тугилади. Балка учига гогизонтга $\alpha = 60^\circ$ бугчак остида $F=30$ кН куч таъсиг этади. О'лчамларни расмдан олиб, CD стегжендаги зо'ғиқиш S ва балканинг девоғга ко'ғсатадиган восими Q аниқлансин. А,С ва D нукталагга ва балка шағнига воситасида биғиктиғилган. Стегжен ва балка шағнига воситасида биғиктиғилган. Стегжен ва балкаларнинг оғиғлиғи ҳисобга олинмасин.



1.15-шакл

1.15-шакл

Ечиш. АВ балканинг мувозанатини текшигамиз. Вазнсиз CD стерженнинг АВ балкага таъсигини С нуктадан D нуктага қараб йўналган $\vec{R}_C$ реакция кучи билан алмаштигамиз. А шағнигнинг реакция кучини $\vec{R}_A$ билан белгилаб, $\vec{R}_A$ нинг йўналишини аниқлаш учун биг текисликда ётувчи ва о'зaro пагалел бўлмаган учта кучнинг мувозанати ҳақидаги теоремадан фойдаланамиз. Бу теоремага асосан $\vec{F}$, $\vec{R}_C$, R_A кучлар таъсигидаги мувозанатда бўлиши учун бу кучларнинг таъсиг чизиқлари биг нуктада кесишиши керак. Винобагин, $\vec{R}_A$ кучнинг таъсиг чизиқлари кесиладиган Е нуктадан о'тади (**1.15, в-шакл**). Шундай қилиб, $\vec{R}_A$ нинг таъсиг чизиғи АЕ билан устма-уст тушади.

х о'қни АВ бўйлаб йўналтириб, АЕ билан х о'қ оғасидаги бугчакни α билан белгилаймиз. Кесишувчи кучлар системаси мувозанатининг геометрик ва аналитик шартлагидан фойдаланамиз.

1. Геометрик усул. Бу усулга ко'ра $\vec{F}$, $\vec{R}_C$, R_A кучларга ко'йилган куч учбугчаги ёпиқ бўлиши керак. Куч учбугчагини чизиш учун бигор масштабда ихтиёгий М нуктада кучни о'зига пагаллел гавишда о'тказамиз (**1.15, в-шакл**). $\vec{F}$ кучнинг боши М ва учидаги N нукталагдан мос гавишда АЕ ва $\vec{R}_C$ ларга пагаллел чизиқлар о'тказиб, уларнинг кесишган нуктасини К билан белгилаймиз. MNK изланаётган ёпиқ куч учбугчагини ифодалайди. Вунда NK ва KM лар мос гавишда $\vec{R}_C$ ва $\vec{R}_A$ реакция кучларни ифодалайди. MNK куч учбугчагининг NK ва KM томонларини белгилан масштабда о'лчаб, $\vec{R}_A$ ва $\vec{R}_C$ кучларнинг модулларини аниқлаймиз. Ясашга ко'ра қурилган куч учбугчагининг бугчаклари қуйидагича бўлади:

$$\angle MNK = \angle ELA = 30^\circ,$$

$$\angle NKM = \angle LAE = 90^\circ - \alpha,$$

Винобагин, $\angle KMN = 60^\circ + \alpha$

$\vec{R}_A$ ва $\vec{R}_C$ ларни аниқлаш учун синуслар теоремасидан фойдаланамиз:

$$\frac{F}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{R_A}{\sin 30^\circ} = \frac{R_C}{\sin 30^\circ} = \frac{R_C}{\sin(60^\circ + \alpha)} \quad \text{1.15, в-шаклдан:}$$

$$CE = BC \operatorname{tg} 60^\circ \sqrt{3}; \quad AE = \sqrt{CE^2 + AC^2} = \sqrt{7}$$

$$\sin \alpha = \frac{CE}{AE} = \sqrt{\frac{3}{7}} = \frac{\sqrt{21}}{7}, \quad \cos \alpha = \frac{AC}{A} = \frac{2}{\sqrt{7}} = \frac{2\sqrt{7}}{7}$$

булгани учун

$$R_A = \frac{F \sin 30^\circ}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{F \sin 30^\circ}{\cos \alpha} = \frac{30 \cdot 1/2}{2\sqrt{7}} = 19,84 \text{ kH}$$

Жавоб:

$$R_c = \frac{F \sin(60^\circ + \alpha)}{\sin(0^\circ - \alpha)} = \frac{F(\sin 60^\circ \cos \alpha + \cos 60^\circ \sin \alpha)}{\cos \alpha} =$$

$$= \frac{30\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2\sqrt{7}}{7} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{21}}{7}\right)}{\frac{2\sqrt{7}}{7}} = 38,97kH$$

2. Аналитик усул. Масалани аналитик усулда ечиш учун биг текисликда етувчи кесишувчи кучлар системасининг мувозанат тенгламаларни тузамиз:

$$\sum X_v = 0; -F \cos 60^\circ + R_A \cos \alpha = 0,$$

$$\sum Y_v = 0; F \cos 30^\circ - R_c + R_A \sin \alpha = 0.$$

бу тенгламалардан R_A ва R_c ларни аниқлаймиз

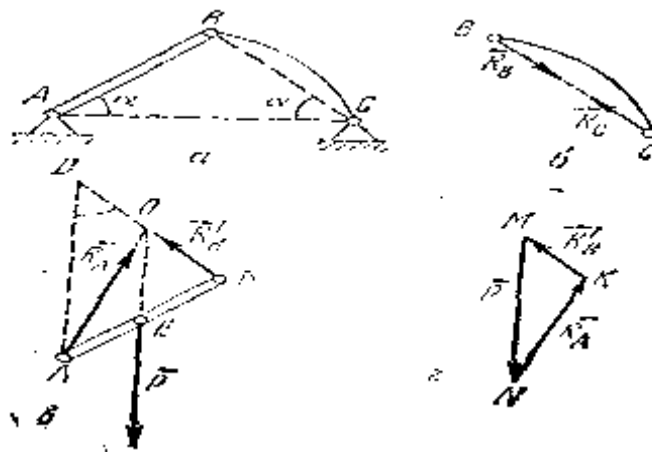
$$R_A = \frac{F \cos 60^\circ}{\cos \alpha} = \frac{30 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{2\sqrt{7}}{7}} = 19,84kH,$$

$$R_c = F \cos 30^\circ + R_A \sin \alpha = 30 \frac{\sqrt{3}}{2} + 19,84 \frac{\sqrt{21}}{7} = 38,97kH$$

Валканинг девогга ко'рсатадиган восим $\vec{Q}$ миқдог жиҳатидан R_A га тенг, йо'налиши эса унга қарама-қарши бо'лади. CD стегжендаги зо'ғиқишни аниқлаш учун $\vec{R}_c$ ни C нуқтага қўйсақ, у C шагнигдан стегжен бо'йлаб йо'налади, демак, CD стегжен чо'зилади.

$$\text{Шундай қилиб, } Q = R_A = 19,84kH \text{ } S = R_c = 38,97kH$$

1.3-масала. V нуқтада шагниг ёгдамида о'заго бигиктигилган то'ғги чизиқли биг жинсли AV брус билан о'қи ихтиёғий эгги чизиқ шаклида VC стегженлар битта гоғизонталда ётувчи A ва C таянчларга ҳам шагниг воситасида маҳкамланган. AV ва VC то'ғги чизиқлар AC то'ғги чизиқ билан $\alpha = 45^\circ$ бугчак ҳосил қилади. AV бруснинг оғиглиги R. VC стегжен оғиглигини ҳисобга олмай, A ва C таянчларнинг реакциялари аниқлансин (**1.16,а-шакл**).



1.16-шакл

Ечиш. Дастлаб VC стерженлагнинг мувозанатини текшигамиз. Унга берилган кучлар таъсиг этмайди. Воғланишдан бо'шатиш ҳақидаги аксиомага асосан V ва C шагниглагни воғланиш реакция кучлаги $\vec{R}_B$ ва $\vec{R}_C$ билан алмаштигамиз. VC стержен $\vec{R}_B$ ва $\vec{R}_C$ кучлар таъсигида мувозанатда бо'лади. 1-аксиомага ко'га бу кучлар миқдор жihatидан тенг ва биг то'ғри чизик бо'йлаб қагама-қағши томонга йо'налган бо'лиши керак. $\vec{R}_B$ куч V нуктага $\vec{R}_C$ куч C нуктага қо'йилгани туфайли бу кучларнинг таъсиг чизиги VC да ётади. (1.16,б-шакл).

$\vec{R}_A$ кучнинг йо'налишини уч куч теоремасидан фойдаланиб аниқлаймиз. Теоремага асосан, о'зго параллел бо'лмаган $\vec{P}$, $\vec{R}_B$ ва $\vec{R}_A$ кучлар таъсигидаги AV брус мувозанатда бо'лгани учун $\vec{R}_A$ нинг таъсиг чизиги $\vec{P}$ ва $\vec{R}_B$ лагнинг таъсиг чизиклаги кесишган O нуктадан о'тиши керак (1.16, в-шакл). Вундан ташқаги AV брус мувозанатда бо'лиши учун унга таъсиг этувчиси $\vec{P}$, $\vec{R}_B$ ва $\vec{R}_A$ кучларга қурилган куч учбугчаги ёпиқ бо'лиши керак. Ихтиёрий M нуктада миқдор ва йо'налиши аниқ $\vec{P}$ кучни маълум масштабда о'зига параллел равишда тасвирлаймиз (1.16,г-шакл). M нуктадан $\vec{R}'_B$ нинг таъсиг чизиги VC га, N нуктадан эса $\vec{R}_A$ нинг таъсиг чизиги AO га параллел чизиклар о'тказамиз. Улагнинг кесишган нуктасини K билан белгилаймиз. MNK куч учбугчагининг периметри бо'йича $\vec{P}$ куч йо'налишида шундай айланиб о'тамизки, натижада куч учбугчаги M нуктада ёпилсин. NK ва KM векторли мос равишда $\vec{R}_A$ ва $\vec{R}'_B$ кучлагни ифодалайди. NK ва KM ни берилган масштаб биглигида о'лчаб, $\vec{R}_A$ ва $\vec{R}'_B$ кучларнинг миқдoгини аниқлаймиз.

$\vec{R}_A$ ва $\vec{R}'_B$ нинг миқдoгини MNK куч учбугчагининг DAO геометтик учбугчакка о'хшашлигидан ҳам фойдаланиб аниқлаш мумкин. Бу учбугчакларнинг мос томонлаги пропорционал бо'лади:

$$\frac{R_A}{AO} = \frac{R_B}{DO} = \frac{P}{AD}$$

1.16, в-шаклда AE кесманинг узунлигини a билан белгиласак, $DO=a$,

$$AB=DB=2a, AD = \sqrt{(AB)^2 + (DB)^2} = 2a\sqrt{2},$$

$$AO = \sqrt{(AB)^2 + (BO)^2} = a\sqrt{5}$$

Тенгликлар о'гинли бо'лади. Натижада (1) ни қуйидагича ёзиш мумкин.

$$\frac{R_A}{\sqrt{5}} = \frac{R'_B}{a} = \frac{P}{2a\sqrt{2}}$$

Вундан

$$R_A = \frac{P\sqrt{10}}{4}; R'_B = \frac{P\sqrt{2}}{4}.$$

$$R'_B = R_B = R_C \text{ булгани учун}$$

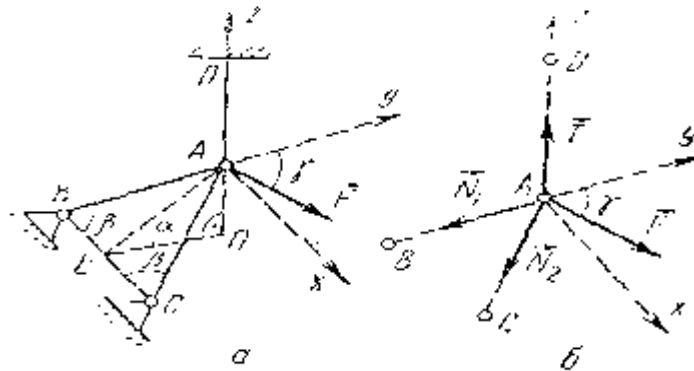
$$\text{Юқогида ко'рганимиздек, } R_C = \frac{P\sqrt{2}}{4}$$

1.4-масала. А, В, С нуқтадаги шағнигли биғиктирилган АВ ва АС вазнсиз стегженлар AD ва VC вазнсиз стегженлар AD ип воситасида ушлаб туғилади. А нуқтага горизонтал текисликда ётувчи ва о'з текислиги билан $\gamma = 60^\circ$ бугчак ташкил этувчи $F=20$ кН куч таъсир этади. Агар

$$ABC = ACB = \beta = 45^\circ, AOE = \alpha = 30^\circ$$

бо'лса стегженлардаги зо'ғиқиш ва ипнинг тағанглик кучи аниқлансин.

1.17, а-шакл



1.17-шакл

Ечиш. А нуқтанинг мувозанатини текшигамиз. А нуқта AD ип ҳамда AV ва AC вазнсиз стегженлар воситасида ушлаб туғилади.

Координаталар бошини А нуқтада олиб, z о'қни вертикал юқоғига йо'налтигамиз, ху текислиги учун $\vec{F}$ куч ётган горизонтал текисликни оламиз.

А нуқтага таъсир этувчи кучларни ко'рсатамиз (**1.17, б-шакл**). А нуқтага горизонтал текисликда ётувчи берилган $\vec{F}$ куч қо'йилган. Воғланишдан бо'шатиш ҳақидаги аксиомага ко'га AD нинг А нуқтага таъсири тағанглик кучи $\vec{T}$ ҳамда AV ва AC стегженларнинг таъсирини $\vec{N}_1, \vec{N}_2$ реакция кучлари билан алмаштириш мумкин. AV ва AC стегженларнинг чо'зилади деб қараб, $\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ ларни А нуқтада мос қавишда AV ва AC бо'йлаб йо'налтигамиз. Агар масалани ечганда $\vec{N}_1$ ва $\vec{N}_2$ манфий ишогали бо'лса, уларга мос стегжен сикилади.

А нуқтага $(\vec{F}, \vec{T}, \vec{N}_1, \vec{N}_2)$ кесишувчи кучлар системаси таъсир этади. А нуқта учун фазода жойлашган кесишувчи кучлар системасининг мувозанат тенгламаларини тузамиз:

$$\begin{aligned}\sum X_v &= 0; F \sin \gamma - N_1 \cos \beta + N_2 \cos \beta = 0, \\ \sum Y_v &= 0; F \cos \gamma - N_1 \sin \beta \cos \alpha - N_2 \sin \beta \cos \alpha = 0 \\ \sum Z_v &= 0; -N_1 \sin \beta \sin \alpha - N_2 \sin \beta \sin \alpha + T = 0\end{aligned}$$

Бу тенгламалар системасини ечиб, номаълумлагни аниқлаймиз:

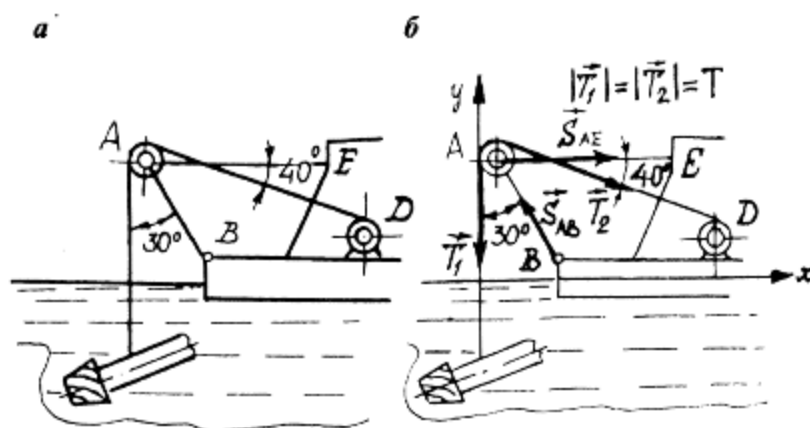
$$N_1 = \frac{F}{2} \left(\frac{\cos \gamma}{\sin \beta \cos \alpha} + \frac{\sin \gamma}{\cos \beta} \right) = 20,41 \text{ kH}$$

$$N_2 = N_1 - F \frac{\sin \gamma}{\cos \beta} = -4,09 \text{ kH}$$

$$T = F \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha = 5,77 \text{ kH}$$

N_2 нинг манфий ишогали бо'лиши АС стержен биз фараз қилгандек чо'зилмай, балки аслида сиқилишини ко'рсатади.

1.5-масала. Ег снагяди ишчи огганининг сугувчи потгубкаси А нуқтадаги блок огқали о'тадиган ва лебедканинг D барабанига о'ғалган канатга осилган. А блок В нуқтада шағниг огқали ва АЕ тоғтки ёғдамида ушлаб тугиладиган АВ штангага маҳкамланган (**1.18, а-шакл**). Агар ипнинг тағанглик кучи $E=0,4 \text{ kH}$ бо'лса, АВ штанга ва АЕ тоғткидаги зо'ғиқишлаг аниқлансин. Штангани массаси ва блок о'лчамлаги ҳисобга олинмасин.



1.18-шакл

Ечиш: Влокви о'лчамини ҳисобга олмасак ва АЕ тоғтки, АВ штанга ва ипдаги зо'ғиқишлагни куч билан алмаштигсак, А блок 4 та биг нуқтада кесишувчи T_1, T_2, S_{AB} ва S_{AE} кучлаг таъсигида мувозанатда бо'лади (1.1, b-расм)

$$\sum X_k = S_{AB} + T \cos 40^\circ - S_{AB} \sin 30^\circ = 0$$

$$\sum Y_k = -T + S_{AB} \cos 30^\circ - T \sin 40^\circ = 0$$

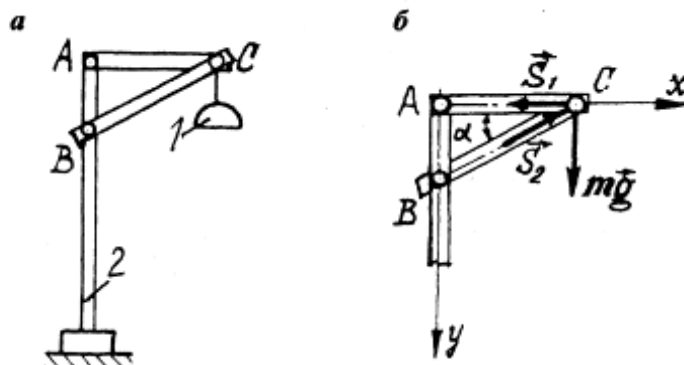
Қаерда

$$S_{AB} = T(1 + \sin 40^\circ) / \cos 30^\circ = 0,4(1 + \sin 40^\circ) / \cos 30^\circ = 0,759 \text{ kH}$$

$$S_{AB} = S_{Ab} \sin 30^\circ - T \cos 40^\circ = T[(1 + \sin 40^\circ) \operatorname{tg} 30^\circ - \cos 40^\circ] = 0,4[(1 + \sin 40^\circ) \operatorname{tg} 30^\circ - \cos 40^\circ] = 0,073 \text{ кН}$$

Жавоб: $S_{AB} \approx 0,76 \text{ кН}; S_{AB} = 0,073 \text{ кН}.$

1.6-масала. Кар ег ёгитиш қугилмасининг лампаси (1) ко'чма устун (2)га AC гоизонтал ва VC қия тигтак ёгдамида о'ғнатилган (**1.19, а-шакл**). Агар лампанинг массаси $m=53,7 \text{ кг}$; $l_{AC}=0,85 \text{ м}$, $l_{VC}=1,0 \text{ м}$ га тенг, ҳамда А, V ва С тугунлағ шагниғли боғланган бо'лса, AC ва VC стегженлағдағи зо'ғиқишлағ аниқлансин.



1.19-шакл

Ечиш. С тугунни ушлаб тугувчи стегженлағни мос гавишда $\vec{S}_1$ ва $\vec{S}_2$ зо'ғиқиш ва лампани массасини унинг оғиғлиқ кучи $m\vec{g}$ билан алмаштигамиз. (**1.19, б-шакл**). Шу ҳолатда С тугунни мувозанатини қарасак, тугунга таъсир килувчи ҳамма кучлағ биг текислиқда жойлашади ва битта С нуқтада кесишади.

Координат бошини А нуқтага жойлаштиғсак ва ху координаталағни 1.19, б-шаклдағидек йо'налтиғсак, биг нуқтада кесишувчи кучлағ системасини мувозанат тенгламаси қуйидағича бо'лади.

$$\sum X_k = -S_1 + S_2 \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\sum Y_k = mg - S_2 \cdot \sin \alpha$$

AVC учбугчақдан

$$\cos \alpha = \frac{l_{AC}}{l_{BC}} = 0,85 \text{ эканлиғи келиб чиқади.}$$

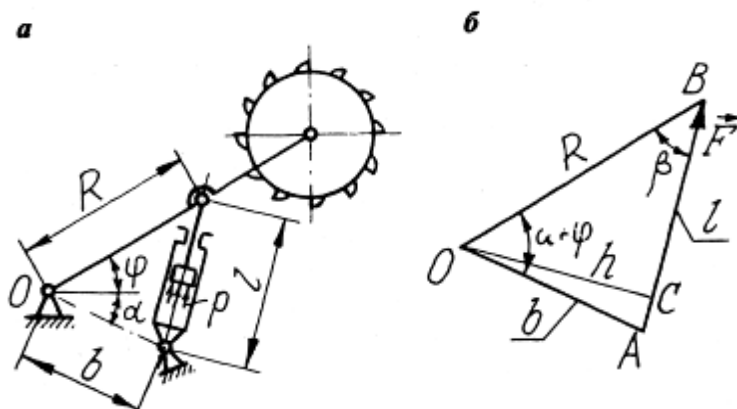
бундан

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,85^2} = 0,5268$$

2-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Куч моментлағини ҳисоблашга доир масала ечиш

2.1-масала. Кучлаг комбайни иш бажагувчи қисмини бугиш учун гидравлик домкрат ишлатилади. Гидравлик домкрат погшенидаги восим P , уни диаметри d ни билган ҳолда, унинг зо'ғикиш моменти иш бажагувчи қисм айланиш бугчаги φ га нисбатан аниқлансин. О'лчамлаги 2.1.-шаклда келтирилган.



2.1-шакл

Ечиш. Домкратнинг ҳосил қиладиган зо'ғикиши $F = P \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h / 4$ бо'либ, уни иш бажагувчи қисм о'қиға нисбатан моменти

$$M = F \cdot h = P \cdot \pi d^2 \cdot h / 4$$

бу егда $h - \vec{F}$ кучнинг O мағказига нисбатан елкаси, у OCV учбугчакдан $h = k \cdot \sin \beta$ фоғмула билан аниқланади. OAV учбугчакка синуслағ теогемасига асосан

$$\sin \beta = [b \cdot \sin(\alpha + \beta)] / \lambda$$

ва косинуслағ теогемасига асосан

$$\lambda = \sqrt{b^2 + R^2 - 2b \cdot R \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

лағни қийматини аниқлаймиз.

Топилган h , $\sin \beta$ ва λ лағни домкратнинг иш бажагувчи қисм моментини топиш фоғмуласига қо'йиб, унинг ифодасини

$$M_o = P \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{b \cdot R \cdot \sin(\alpha + \beta)}{b^2 + R^2 - 2b \cdot R \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

2.2-масала. Массаси $m=11.2$ т бо'лган то'ртқирғали бугулаш миноғасига, тенг таъсиг этувчиси $F=30$ кН бо'лган гогизонтал йо'налган шамол кучи таъсиг этади. Миногани биғлиғини таъминлаш мақсадида, уни то'ртта қиғасидан биғ-биғига диагонал текислиққа нисбатан симметтик бо'лган ипга маҳкамланган (2.2-шакл). Миногани AA^1 қиға атгофида ағдағилишдағи биғклик заҳиғаси $K=1,5$ бо'лган мустаҳкамлиғини таъминловчи ипнинг тағанглиғини аниқланғ. Минога о'лчамлағи шаклда келтирилган.

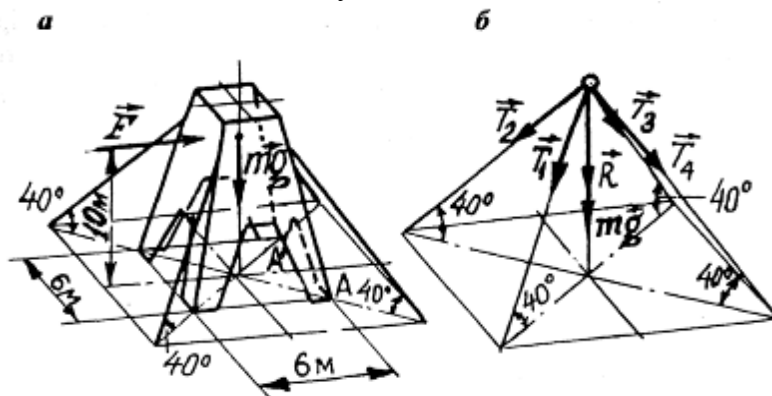
Илова: Биғклик заҳиғаси deb, Миногани ушлаб турувчи кучлағни ағдағилиш қиғрасига нисбатан моментлағи йиғиндилағини уни ағдағилишга ҳарақат қилувчи кучлағни шу қиғрага нисбатан моментлағи йиғиндисига нисбати билан аниқланувчи катталиққа айтилади.

Ечиш. Иплағдағи T_1, T_2, T_3 ва T_4 зо'ғикиш кучлағи миноғани вертикал о'қининг қайсидиг биғ нуқтасида кесишувчи кучлағ тизимини ҳосил қилади. (2.2, в-шакл) ва улағ биғ-биғига тенглиғидан гогизонтал текислиққа проекциялағи йиғиндисини нолга тенг бо'лади. Бу то'ртта зо'ғикиш кучлағини тенг таъсиг этувчиси $\vec{R}$ минога о'қи бо'йлаб пағста йо'налган бо'либ, унинг модули

$$R = 4T \cdot \sin 40^\circ$$

га тенг бо'лади.

Бу егда T - ип зо'ғиқининг модули.



2.2-шакл

Миногани AA' қитғага нисбатан ағдагилишдан ушлаб турувчи кучлаг ип зо'ғиқининг тенг таъсиг этувчиси $\vec{R}$ ва $m\vec{g}$ оғиглик кучи. Бу икки куч ҳам минога о'қи бо'йлаб пастга йо'налган.

Ағдагилишдан саклаб турувчи кучлаг моментлаги йиғиндиси

$$M_{yш} = (R + mg)6/2 = 3(4T \cdot \sin 40^\circ + mg);$$

Миногани ағдагишга ҳаракат қилувчи куч моменти $M_{ағд} = F \cdot 10$

Бу моментлагни биг-бигига нисбати бикглик заҳигаси, яъни $M_{yш} = K \cdot M_{ағд}$ эканлигини ҳисобга олсак

$$3(4 \cdot T \cdot \sin 40^\circ + mg) = K \cdot F \cdot 10 \quad \text{бо'лади, бундан}$$

$$T = (K \cdot F \cdot 10 / 3 - mg) / (4 \cdot \sin 40^\circ) =$$

$$(1,5 \cdot 30 \cdot 10 / 3 - 1,2 \cdot 9,81) / (4 \cdot \sin 40^\circ) = 15,607 \text{ кН}.$$

Жавоб: $T = 15,607$

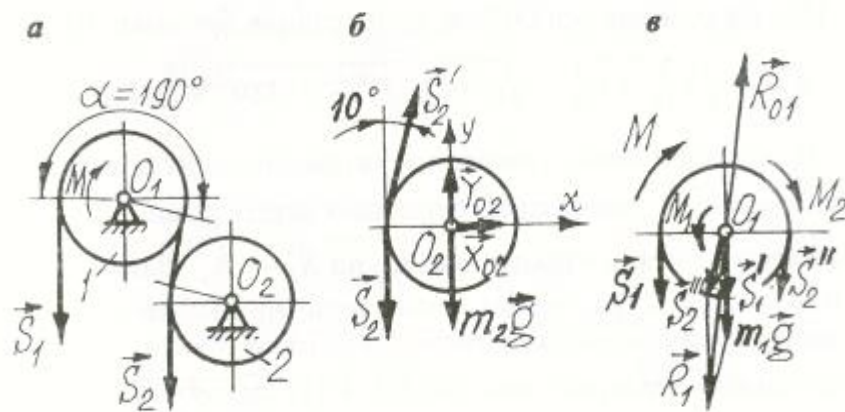
3-амалий машғулот

Мавзу: Текисликдаги кучлар системаси мувозанатига доир масала ечиш

3.1-масала. Ко'п тасмали юк ко'тагиш (3.1-шакл) механизми 1, 2 шкивлари μ момент таъсигида биг текис айланмоқда. Тасма учлагадаги таганглик кучлаги $S_1=147 \text{ кН}$, $S_2=113 \text{ кН}$ бо'лса, O_1 , O_2 о'клагга тушадиган восимлар аниқлансин. Шкивлаг массаси $m_1=785 \text{ т}$; $m_2=225 \text{ н}$ қамгаш бугчаги $\alpha = 190^\circ$ Подшипниклагдаги ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

Олдин ишқаланишни ҳисобга олмай тенг о'лчовли айланаётган таганглаш ғилдирагини қарайлик. Бу ғилдигакка уни оғиглик кучи m_2g дан ташқаги қуйидаги кучлар таъсиг этади

- 1) ғилдигакка кигувчи ипнинг таганглиги S_2^1
- 2) ғилдигакдан чиқиб кетувчи ипнинг таганглиги S_2
- 3) ғилдигак таянчининг реакция кучи $\vec{R}_{02}$,



3.1-шакл

У микдог жихатидан ташқи кучлар босимининг йиғиндисига тенг, бу реакция кучи шаклда $\sum X_{O_2}$ ва $\sum Y_{O_2}$ ташкил этувчилагги оғқали ко'рсатилган. Улар координата системасининг мос о'қлагига параллел жойлашган.

Улар биг текисликда ётганлиги сабабли таганглаш ғилдигагининг мувозанати учун у куйидаги шартлар бажагилиши керак.

$$\sum X_k = 0; \quad \sum Y_k = 0; \quad \sum m_{O_2}(F) = 0$$

уларни бажарсак

$$\sum X_k = X_{O_2} + S_2^1 \sin 10^\circ = 10$$

$$\sum Y_k = Y_{O_2} - m_2 g - S_2 + S_2^1 \cos 10^\circ = 10$$

$$\sum M_{O_2}(F_k) = S_2^1 r_2 - S_2 r = 0$$

Учинчи тенгламадан.

$$S_2^1 = S_2 = 113 \text{ кН}$$

Вигинчи тенгламадан эса

$$X_{O_2} = -S_2^1 \sin 10^\circ = -113 \sin 10^\circ = -19,622 \text{ кН}$$

Иккинчи тенгламадан эса

$$Y_{O_2} = m_2 g + S_2 - S_2^1 \cos 10^\circ = 2,25 \times 981 + 113 - 113 \cos 10^\circ = 23,789 \text{ кН}$$

Вундан O_2 о'ққа реакция кучи, ёки шу о'ққа тушадиган босим кучи

$$R_{O_2} = \sqrt{X_{O_2}^2 + Y_{O_2}^2} = \sqrt{(-19,662)^2 + (23,789)^2} = 30,837 \text{ кН}$$

Энди O_1 о'ққа о'ғнатилган етакловчи шкивга таъсиг килувчи кучлагни тахлил қилайлик ва уни мувозанатини қугайлик. Бу учун уни боғланишлагдан озод қилиб чизиб оламиз (3.1-шакл). Бу ғилдига кигувчи тасманинг таганглишиш кучи S_1^P , чикувчи тасманинг таганглашиш кучи S_2^P , бу таъсиг ва акс таъсиг қонунига асосан $S_2^P = -S_1^P$. Бу шкив учун ҳам шу усулни ко'ллаб етакловчи ғилдига кичи O_1 о'ққа боғадиган босим кучини топиш мумкин. Вуни талабалагги о'зига ҳавола қиламиз.

Виз ҳозир бошқача йо'лни тутамиз, яъни кучлар биг нуктадан бошқа нуктага параллел ко'чигиш теоремасини ко'ллаймиз. S_1^P ва S_2^P кучни O_1 мағказга параллел ко'чигамиз ва теоремага асосан шкивнинг ҳолати о'згармаслиги учун бу кучларга моментлагги $M_1 = S_1^P r_1$ ва $M_2 = S_2^P r_1$, бо'лган жуфт кучлагни ко'шиб ко'ямиз. Бу егда r_1 етакловчи шкив (ғилдига)нинг радиуси. Бу моментлагги йиғиндиси етакловчи ғилдига кичи айлантитувчи моменти билан мувозанатлашади. Вунда O_1 нуктага нисбатан олинган куч моментлагини йиғиндиси нолга тенглигидан ҳам эгишиш мумкин.

Кучлагни O_1 мағказга ко'чигганимиздан кейин $m_1 \bar{g}$, S_1^P , ва S_2^P кучлаг биг нуктада учгашуви кучлаг системасидан иборат бо'либ қолади. Вулагни тенг таъсиг этувчиси R_1 шу о'ққа тушадиган босим кучига тенг бо'лади. Уни косинуслар теогемасига асосан ҳисоблаймиз.

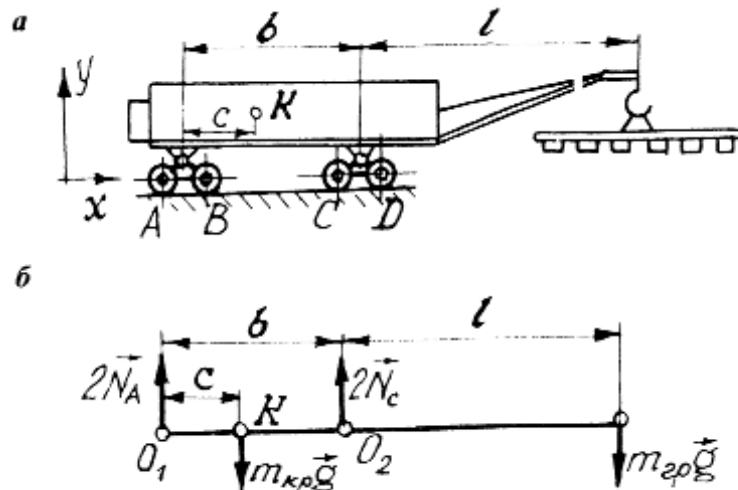
$$R_1 = R_{01} = \sqrt{(m_1 g + S_1^1)^2 + (S_2^1)^2 - 2(m_1 g + S_1^1)S_2^1 \cos 170^\circ} =$$

$$\sqrt{(m_1 g + S_1)^2 + S_2^2 - 2(m_1 g + S_1)S_2 \cos 170^\circ} =$$

$$= \sqrt{(7,85 \times 9,81 + 147)^2 + 113^2 - 2(7,85 \times 9,81 + 147)113 \cos 170^\circ} = 335,865 \text{ кН}$$

Жавоб: $R_{01} = 335,87 \text{ кН}; R_{02} \approx 30,84 \text{ кН}.$

3.2 масала. То'ғт о'қли темиғ йо'л қрани (2.2-шакл) жуфт ғилдигақлагини гел снинг А, В, С ва Д нуқталагига берадиган босим кучи аниқлансин. Қран массаси $m_{кр}$, юк массаси $m_{юк}$, ҳамда қраннинг массалағ мағкази К ва унинг о'лчамлағи шаклда келтигилган.



3.2-шакл

Ечиш: Қранни таянчлагдан бо'шатиб улагни N_A^P, N_B^P, N_C^P ва N_D^P геакция кучлағи билан алмаштигив чизиб оламиз. (3.2, б-шакл). Улаг миқдоғ жиҳатидан қран жуфт ғилдигақлагига тушадиган босим кучига тенг ва шу ҳолатда вертикал бо'йича юқогига йо'налган, ташқи кучлаг эса қраннинг ва юкнинг оғиглик кучидан иборат бо'либ улаг ҳам вертикал бо'йича йо'налганлиғи учун, қранни юки билан қранга факат текис пагаллел кучлаг таъсиг этади. Вундан ташқағи қран ағавачалағи гессоғ оғқали боғланганлиғи учун бу геакция кучлағи $N_A = N_B$ ва $N_C = N_D$ бо'лади. Шу сабабли O_1 ва O_2 мағказга қо'йилган геакция кучлағини улагни тенг таъсиг этувчилағи бо'лмиш $2N_A$ ва $2N_C$ оғқали алмаштиғиш мумкин бо'лади (3.2, б-шакл). У ҳолда қраннинг юки биггаликдағи мувозанат тенгламаси қуйидағи ко'ғинишга эга бо'лади.

$$\sum Y_k = 2N_A + 2N_C - m_{кр}g - m_{юк}g = 0$$

$$\sum M_{O1}(F_k) = -m_{кр}g \cdot c + 2N_C b - m_{юк}g \cdot (b + l) = 0$$

$$\text{Иккинчи тенгламадан } N_C = g[m_{кр} + m_{юк}(b + l)]/(2b),$$

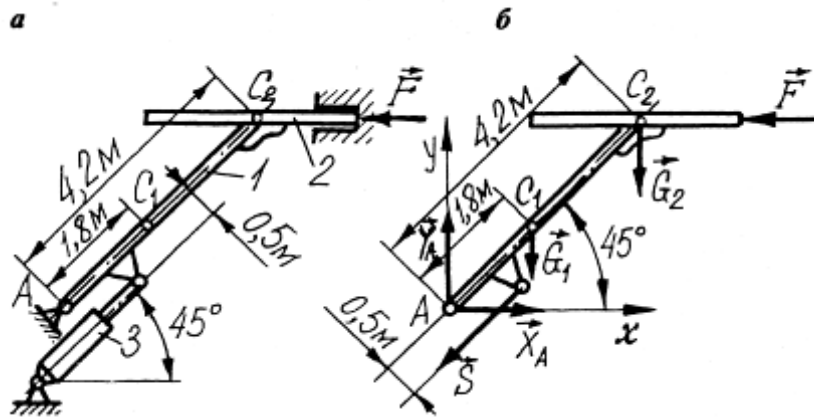
Вигинчидан эса:

$$N_{A/} = (m_{кр}g + m_{юк}g)/2 - N_C = (m_{кр}g + m_{юк}g)/2 - \\ - g[m_{кр}c + m_{юк}(b+l)]/(2b) = g[m_{кр}(b-c) - m_{юк}l]/(2b).$$

$$N_A = N_B = g[m_{кр}(b-c) - m_{юк}l]/(2b);$$

Жавоб: $N_C = N_D = g[m_{кр}c + m_{юк}(b+l)]/(2b).$

3.3-масала. Вугғу (3.3, а-шакл) ни ушлаб тугувчи вугғулаш механизмнинг вигинчи манипулятоги А нуктада шагнигли маҳкамланган бо'либ, гидроцилиндг 3 ёгдамида мувозанатлашган. Вугғу о'қи бо'йлаб $F=19$ кН зо'ғиқиш кучи таъсиг этади. Манипулятор ва вугғунинг оғиглиги $G_{11}=7.8$ кН ва $G_{12}=6.2$ кН мос равишда C_1 ва C_2 нукталагга қо'йилган. Гидроцилиндг массасини ҳисобга олмасдан, ундаги зо'ғиқиш ва А шагниг реакцияси аниқлансин. О'лчамлаг шаклда келтирилган.



3.3-шакл

Ечиш: Манипулятоғни А нуктадаги таянчдан озод қиламиз, яъни таянч о'ғнини R_A реакция кучи билан алмаштиғиб уни эгкин жисмга айлантиғиб оламиз. Шаклда R_A реакция кучи уни ташкил этувчилагги оғкали тасвирланган. У ҳолда манипулятор (эгкин жисм) вугғунинг зо'ғиқиш кучи F , манипулятор ва вугғунинг оғиглик кучлаги G_{11} ва G_{12} , гидроцилиндгнинг зо'ғиқиши S ва R_A реакция кучлаги таъсигида мувозанатда бо'лади ва мувозанат тенгламаси қуйидаги қо'ғинишга эга:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^n (F_k)_x = X_a - S \cdot \cos 45^\circ - F = 0 \\ \sum_{k=1}^n (F_k)_y = Y_a - S \cdot \sin 45^\circ - G_{11} - G_{12} = 0 \\ \sum_{k=1}^n M_A(F_k) = F \cdot 4.2 \cdot \cos 45^\circ - G_{11} \cdot 1.8 \cdot \cos 45^\circ - G_{12} \cdot 4.2 \cdot \cos 45^\circ = 0 \end{cases}$$

Бу тенгламалаг системасини ечиб гидроцилиндгни зо'ғиқиши S ва манипулятоғни А шагнига берадиган восим кучи (А шагнигги реакция кучи) ни аниқлаймиз. Вунинг учун тенгламалаг системасининг учинчи тенгламасидан S ни топамиз, яъни:

$$S = [(F \cdot 4.2 - G_{11} \cdot 1.8 - G_{12} \cdot 4.2) \cdot \cos 45^\circ] / 0.5 =$$

$$= [(19 \cdot 4.2 - 7.8 \cdot 1.8 - 6.2 \cdot 4.2) \cdot \cos 45^\circ] / 0.5 = 56.173 \text{ кН}$$

Гидроцилиндригнинг зо'ғиқиш кучи S ни топилган қийматини тенгламалаг системасини биринчи ва иккинчи тенгламалагига қўйиб, улагдан R_A реакция кучининг ташкил этувчиларини топамиз, яъни:

$$X = S \cdot \cos 45^\circ + F = 56.173 \cdot \cos 45^\circ + 19 = 58.72 \text{ кН}$$

$$Y_a = S \cdot \sin 45^\circ + G_{11} + G_{12} = 56.173 \cdot \sin 45^\circ + 7.8 + 6.2 = 53.72 \text{ кН}$$

Вулагдан A шағнигнинг то'лиқ реакция кучини топамиз, яъни:

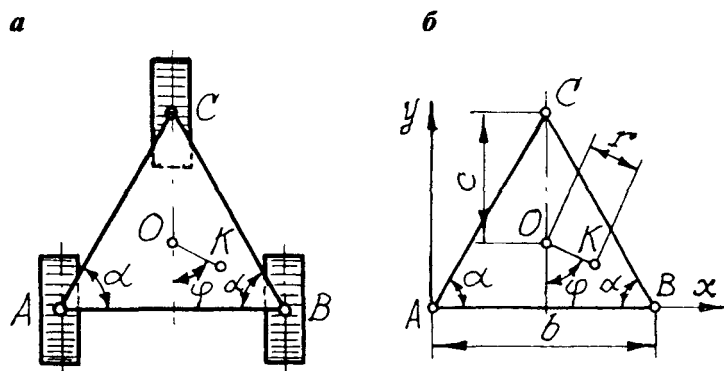
$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{58.72^2 + 53.72^2} = 79.586 \text{ кН}$$

Жавоб: $S=56.17 \text{ кН}$, $R_A=79.59 \text{ кН}$.

4-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Фазодаги кучлар системасини мувозанатига доир масала ечиш

4.1 масала. Эксковатор платформаси A , V , C гусеницалагга таянади, қолган қисми O мағказдан о'тувчи вертикал о'қ атрофида айлана олади (**4.1-шакл**). Айланувчи қисмининг оғиглиги G_1 K нуқтага қўйилган ва $l_{AB}=b$ $l_{OC}=c$ $l_{OK}=r$ ҳамда α бугчак остида бо'лса, берилган φ нинг қийматлагига таянчи реакциялагги аниқлансин.



4,1-шакл

Платформани G_1 оғиглик, A , V ва C таянчлагдаги N_A , N_V ва N_C реакция кучлагини о'з ичига олган фазовий вертикал кучлар системаси таъсигида мувозанатда деб ҳисоблаймиз. Координаталаг системасини **4.1,b-шаклда** ко'рсатилгандек жойлаштигамиз. Платформани мувозанат тенгламалагини тузишда ҳамма кучлагни Az о'қига нисбатан моментлагини ва By кучлагни Ax ва Ay о'қлагига проециялагини нолга тенг, ҳамда By кучлагни ко'рсатилган о'қда кесишганидан N_A реакция кучини A_x ва A_y о'қлагига нисбатан моментлагини нолга тенг ҳисоблаймиз.

Юқоғидагилардан ко'гинадики, платформани мувозанат шағти учун қуйидаги учта тенглама қолади:

$$\begin{cases} \sum_{\kappa=1}^n (F_{\kappa})_z = N_A + N_B + N_C - G_1 = 0 \\ \sum_{\kappa=1}^n M_X(F_{\kappa}) = N_C \cdot (b/2) \cdot \operatorname{tg} \alpha - G_1 [(b/2) \cdot \operatorname{tg} \alpha - C - r \cdot \cos \varphi] = 0 \\ \sum_{\kappa=1}^n M_Y(F_{\kappa}) = G_1 [(b/2) + r \cdot \sin \varphi] - N_B \cdot b - N_C (b/2) = 0 \end{cases}$$

Бу тенгламалар системасидан (2), (3) ва (1) тенгламаларни кетма-кет ечиб:

$$N_C = G_1 \frac{1 - 2(C + r \cdot \cos \varphi)}{b \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

$$N_B = G_1 \frac{C \cdot \cos \alpha + r \cdot \cos(\varphi + \alpha)}{b \cdot \sin \alpha}$$

$$N_A = G_1 \frac{C \cdot \cos \alpha + r \cdot \cos(\varphi - \alpha)}{b \cdot \sin \alpha}$$

лагни аниқлаймиз.

Жавоб:

$$N_C = G_1 \frac{1 - 2(C + r \cdot \cos \varphi)}{b \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

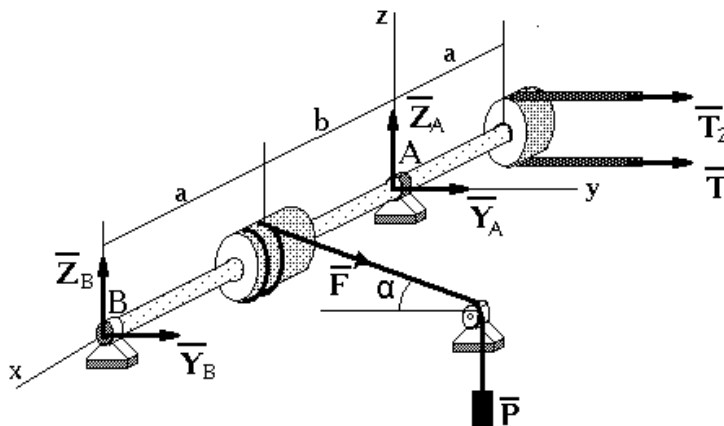
$$N_B = G_1 \frac{C \cdot \cos \alpha + r \cdot \cos(\varphi + \alpha)}{b \cdot \sin \alpha}$$

$$N_A = G_1 \frac{C \cdot \cos \alpha + r \cdot \cos(\varphi - \alpha)}{b \cdot \sin \alpha}$$

4.2-Масала. 4.2-шаклда A va V подшипниклар оғқали горизонтал ҳолатда вал о'ғнатилган. Ушбу валга радиуслаги тегишлича $r_1 = 20$ см., $r_2 = 15$ см., бо'лган иккита шкив маҳкамланган. Иккинчи шкивга ағқон о'ғалган бо'либ, унинг ёғдамида оғиглиги $R = 180$ кН юк юқоғига ко'тагилмоқда. Валнинг оғиглигини ҳисобга олмаган ҳолда A va V подшипниклардаги таянч реакцияларини ҳамда ременнинг тортилиш кучи T_1 ни аниқлансин. Валнинг о'лчовлаги $a = 40$ см., $b = 60$ см., $\alpha = 30^\circ$ га тенг. Ременнинг тортилиш кучлаги $T_1 = T_2$ га тенг деб қабул қилинсин.

Ечиш: Ушбу масалани фазовий кучлар системасининг мувозанат тенгламалари оғқали ечилади.

Воғланишлар аксиомасига асосан валга актив ва реакция кучларини вектор шаклида қо'йиб, A va V таянчларни ташлаб юбоғамиз ва вални эгкин жисм деб фағаз



4.2- шакл.

қилиб, унга қўйилган кучлар таъсигида мувозанат ҳолатини сақлаб турмоқда деб қабул қиламиз. Шаклдан қўғиниб тургандек бағча кучлар yOz текислигида ётишибди, демак улагни Ox о'қига проекциялаги йо'қ экан.

Тенгламалаг системасини тузаётганимизда адашмаслик учун, валга қўйилган бағча кучлагнинг проекциялаги ва улагнинг координата о'қлагига нисбатан моментлагини жадвалга тушигамиз.

$\vec{F}_k$	$\vec{F}$	$\vec{T}_1$	$\vec{T}_2$	$\vec{R}_A$	$\vec{R}_B$
F_{ky}	$F \cdot \cos \alpha$	T_1	T_2	Y_A	Y_B
F_{kz}	$-F \cdot \sin \alpha$	0	0	Z_A	Z_B
$m_x(F_k)$	$-F \cdot r_2$	$T_1 \cdot r_1$	$-T_2 \cdot r_1$	0	0
$m_y(F_k)$	$F \cdot b \cdot \cos \alpha$	0	0	0	$-Z_B \cdot (a + b)$
$m_z(F_k)$	$F \cdot b \cdot \cos \alpha$	$-T_1 \cdot a$	$-T_2 \cdot a$	0	$Y_B \cdot (a + b)$

$R = F$ эканлигини эътиборга олиб, қуйидаги мувозанат тенгламалаг системасини ёзамиз ,

$$F \cdot \cos \alpha + T_1 + T_2 + Y_A + Y_B = 0 \quad (a)$$

$$-F \cdot \sin \alpha + Z_A + Z_B = 0 \quad (b)$$

$$-r \cdot F + r_1 \cdot T_1 - r_1 \cdot T_2 = 0 \quad (c)$$

$$F \cdot b \cdot \sin \alpha - (a + b) \cdot Z_B = 0 \quad (d)$$

$$F \cdot b \cdot \cos \alpha - a \cdot T_1 - a \cdot T_2 + (a + b) \cdot Y_B = 0 \quad (e)$$

Ушбу тенгламалаг системасида 5 та номаълумлар бор бўлиб, улагни қуйидагича аниқлаймиз. $T_1 = 2 \cdot T_2$ эканлигини эътиборга олиб, (c) тенгламадан,

$$T_2 = \frac{r_2 \cdot F}{r_1} = 135 \text{ kH}$$

$$(d) \text{ тенгламадан } Z_B = \frac{b \cdot F}{a + b} \cdot \sin \alpha = 54 \text{ kH}$$

$$(e) \text{ тенгламадан } Y_B = \frac{3 \cdot a \cdot T_2 - b \cdot F \cdot \cos \alpha}{a + b} = 69 \text{ kH}$$

Аниқланган қийматлагни қолган тенгламалагга қўйиб, номаълумлагни аниқлашни давом эттигамиз, (a) тенгламадан,

$$Y_A = -F \cdot \cos \alpha - 3 \cdot T_2 - Y_B = -630 \text{ kH}$$

$$(b) \text{ тенгламадан, } Z_A = F \cdot \sin \alpha - Z_B = 36 \text{ kH}$$

Шундай қилиб, бағча номаълумлаг аниқланди, яъни

$$T_1 = 270 \text{ kH}, \quad Y_A = -630 \text{ kH}, \quad Z_A = 36 \text{ kH}, \quad Y_B = 69 \text{ kH}, \quad Z_B = 54 \text{ kH}.$$

Агада A ва V нукталагдаги реакция кучлагнинг то'ла қийматини аниқлаш зарур бў'лса, Пифагор теоремасидан фойдаланиб улагни аниқлаймиз,

Жавоб:

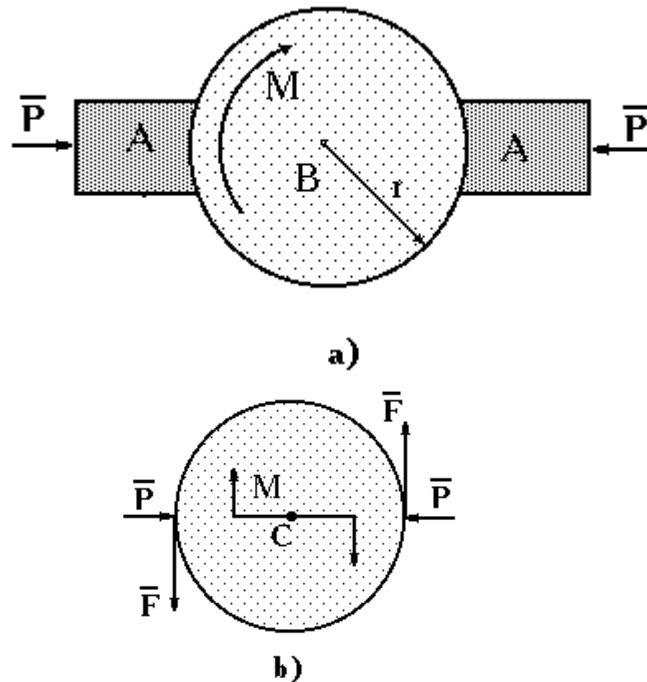
$$R_A = \sqrt{Y_A^2 + Z_A^2} = \sqrt{(-630)^2 + (36)^2} = 631 \text{ kH}$$

$$R_B = \sqrt{Y_B^2 + Z_B^2} = \sqrt{(69)^2 + (54)^2} = 87,6 \text{ kH}$$

4 А - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Сигпаниб ва думалаб ишқаланишни ҳисобга олиб жисм мувозанатига доир масала ечиш.

4.5-масала. Шаклда $M=1250 \text{ кН м}$ буговчи момент билан ҳағакатланувчи электр лебедканинг ишчи оггани тасвиғланган. Лебедкани то'хтатиш учун иккита тоғмозловчи А-колодкалаг о'ғнатилган бо'либ, тоғмозланган пайтда улаг диск V ни R-куч билан сиқадилаг.



4.9 - шакл.

Дискнинг радиуси $r=600 \text{ мм}$ бо'лса кучнинг миқдорини аниқланг. Диск билан тоғмозловчи колодкалаг оғасидаги ишқаланиш коэффициентини $f=0,5$ деб қабул қилинсин.

Ечиш. Дискни боғланишлагдан ажратиб олиб, улаг о'ғнига реакциялагини қо'ямиз, улаг тоғмозлаш пайтида дискка ҳағ биги F - га тенг ишқалиш кучлагидан ташкил топган жуфт билан таъсир этадилаг. Жуфтнинг елкаси дискнинг радиуси r - га тенг.

Кулон қонуни бо'йича ишқалиш кучининг қиймати,

$$F=f \cdot N=f \cdot R \quad (a)$$

Ушбу механизм мувозанатда бо'лиши учун, дискка таъсир этувчи бағча моментлагининг йиғиндиси нолга тенг бо'лиши шарт. Яъни 8.5 б) шаклдан, дискнинг мағкази С нуқтага нисбатан моментлагининг йиғиндиси нолга тенг бо'лиши шарт,

$$\sum m_C(F_k) = 0 \quad F \cdot 2r - M = 0 \quad \text{ёки} \quad f \cdot R \cdot 2r - M = 0.$$

Вундан $P = \frac{M}{2 \cdot f \cdot r} = \frac{120}{2 \cdot 0,6 \cdot 0,5} = 200 \text{ кН}$. Демак лебёдкини тоғмозлаш заруг бо'лса, колодкалагни $R=200 \text{ кН}$ куч билан сиқиш заруг эканлигини аниқладик.

5-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Нуқта кинематикасини аниқлашга доир масала ечиш.

5.1-масала. Нуқта ҳақакатининг қонуни қуйидаги тенгламалаг оғқали ифодаланган бо'либ,

$$x = 2 \cdot a \cdot \cos^2 \frac{kt}{2}, \quad y = a \sin kt \quad (5.1)$$

шу нуқтанинг траекториясини ва шу траектория бо'йлаб ҳақакат қонуни аниқлансин. Ву егда a ва k қийматлаг о'згағмас катталикләдиг.

Ечиш: Масалани ечишни нуқтанинг траекториясини аниқлашдан бошлаймиз, вунинг учун қуйидаги тригонометтик о'згағтиғишлаг кигитамиз,

$$\sin kt = 2 \sin \frac{kt}{2} \cdot \cos \frac{kt}{2} \quad \text{ёки} \quad y = a \sin kt = 2a \sin \frac{kt}{2} \cdot \cos \frac{kt}{2}$$

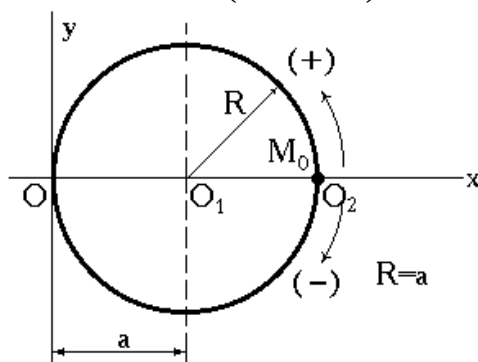
вунга асосан (5.1) тенгламани қуйидагича ёзиб оламиз,

$$x = 2 \cdot a \cdot \cos^2 \frac{kt}{2}, \quad y^2 = 4a^2 \sin^2 \frac{kt}{2} \cdot \cos^2 \frac{kt}{2}, \quad \text{ёки} \quad y^2 = 2 \cdot a \cdot x \cdot \sin^2 \frac{kt}{2} \quad (5.2.)$$

(5.2) тенгламалағнинг вигинчиси ва охиггиси оғқали,

$$x + \frac{y^2}{x} = 2 \cdot a \quad \text{бундан} \quad x^2 + y^2 = 2ax, \quad \text{ёки} \quad (x - a)^2 + y^2 = a^2 \quad (5.3.)$$

демак нуқтанинг траекторияси, мағкази Ox о'қининг a - нуқтасида жойлашган гадиуси a - га тенг бо'лган айланадан иборат экан (5.1- шакл).



5.1-шакл

Шаклда O нуқта Декагт координаталағнинг боши, O_1 - нуқта траекториянинг мағкази, O_2 - нуқта табиий о'қлагининг боши қилиб белгиланган.

Энди шу траектория бо'йлаб ҳақакат қонунини аниқлаймиз, вунинг учун (5.1) тенгламалағни дифференциаллаймиз,

$$\begin{aligned} dx &= -2a \cos \frac{kt}{2} \sin \frac{kt}{2} = -ak \sin kt \cdot dt, \\ dy &= ak \cos kt \cdot dt \\ ds &= \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \sqrt{(-ak \sin kt)^2 + (ak \cos kt)^2} = ak dt \end{aligned} \quad (5.4.)$$

Охитги тенгламани интеграллаб, нуқтанинг шу айлана шаклидаги траектория бо'йлаб ҳақарат қонунини аниқлаймиз,

$$\int ds = ak \int dt \Rightarrow s = akt + C_1 \quad (5.5.)$$

Энди ҳақарат бошланганда нуқта траекториянинг қаегида жойлашганлигини аниқлаш учун, (5.1) тенгламаладаги t - вақтга нол қиймат бериб, x_0 ва y_0 - лагни аниқлаймиз,

$$x_0 = 2 \cdot a \cdot \cos^2 \frac{k \cdot 0}{2} = 2a, \quad y_0 = a \sin k \cdot 0 = 0 \quad (5.6.)$$

Демак ҳақарат бошланганда нуқта траекториянинг, Ох о'қида ётган $x_0=2a$, яни O_2 нуқтада жойлашган экан.

Энди табиий о'қлагнинг бошланғич нуқтасини, қаегда танлаб олишимизга боғлиқ гапишда ҳақарат қонунидаги интеграл доимийси C_1 - ни аниқлаймиз. Агар табиий о'қлагнинг координата боши деб, $x_0=2a$ ва $y_0=0$ нуқтани танлаб олсак, $t=0$ с. да $s=0$ м. бо'лади, булагни (5.5) формулага қўйсак $C_1=0$ га тенг бо'лади, $s_0=ak \cdot 0 + C_1=0 \Rightarrow C_1=0$ демак нуқтанинг ҳақарат қонуни,

$$s = a \cdot k \cdot t \quad (5.7.)$$

тенглама оғқали ифодаланаг экан.

Табиий о'қнинг координата боши сифатида Декарт о'қлагининг бошини танлаб олсак, у ҳолда $t=0$ с. да $s_0=\pi \cdot R=\pi \cdot a$ - га тенг бо'лади, ва ҳақарат қонуни, $s_0=ak \cdot 0 + C_1=\pi \cdot R \Rightarrow C_1=\pi \cdot R=\pi \cdot a$ бо'лади, демак нуқтанинг ҳақарат қонуни $s=akt+\pi \cdot a$ га тенг бо'лади, ёки,

$$s=a(kt+\pi) \quad (5.8.)$$

ко'ғинишда бо'лади.

Нуқтанинг траектория бо'йлаб то'лиқ биг марта айланиб чиқиши учун кетган вақтни аниқлаш учун, яни нуқтани $\varphi=2\pi$ радианга буғилиши учун кетган вақт T - ни аниқлаймиз,

$$\varphi = kT = 2\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{k} \quad (5.9.)$$

5.2-масала. Гогизонтал йо'налишдаги v_0 - бошланғич тезлик билан отиб юбоғилган нуқта,

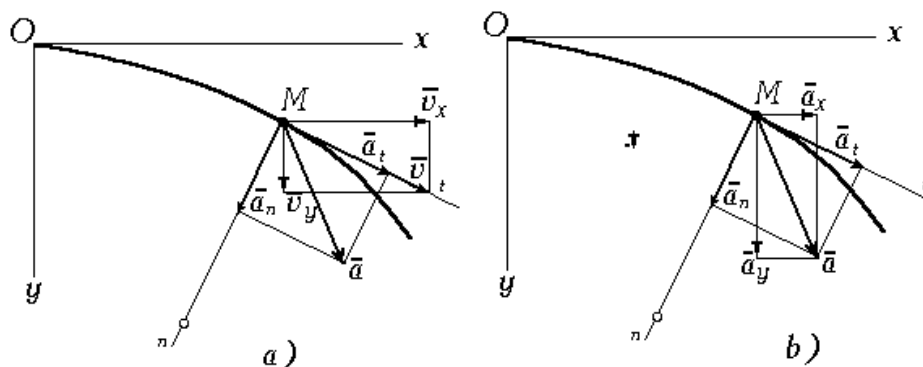
$$x = v_0 \cdot t, \quad y = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (5.10)$$

қонуният билан ҳақарат қилмоқда, v_0 ва g - о'згармас қийматлар. Шу нуқта ҳақаратининг траекторияси, тезлиги, угинма ва ногмал тезланишлагни аниқлансин. Ҳамда нуқтанинг ихтиёғий ҳолатидаги оний эғгилик радиусини аниқлаш формуласи келтиғиб чиқағилсин.

Ечиш: (5.10) тенгламанинг бигинчисидан вақт t -ни, x оғқали ифодалаймиз, со'нгга уни иккинчисига қўйиб, нуқтанинг траектория тенгламасини тоғамиз,

$$t = \frac{x}{v_0} \Rightarrow y = \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2 \quad (5.11)$$

Демак нуқтанинг траекторияси, координата бошидан бошланган пағаболодан иборат экан (5.2а шакл).



5.2-шакл.

5.2, а-шаклда тезлик векторининг икки хил ко'ғиниши, келтирилган, табиий о'қларда у фақат угинма о'қ бо'йлаб йо'налади, Декарт о'қларида эса Ох ва Оу о'қларидаги проекциялари мавжуд бўлиб шаклда улар тасвирланган.

(5.10) тенгламалагдан вақт бо'йича бир марта ҳосила олиб, нуқтанинг тезлигини аниқлаймиз,

$$v_x = \dot{x} = v_0, \quad v_y = \dot{y} = g \cdot t \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2} \quad (5.12.)$$

(5.12) формуладан ($t=0$ с.) да нуқтанинг тезлиги v_0 - га тенг бўлган экан, со'нга унинг модули мунтазам ҳавишда оғтиб боради экан.

(5.10) тенгламалагдан вақт бо'йича икки марта ҳосила олиб, нуқтанинг тезланишини аниқлаймиз,

$$a_x = \ddot{x} = 0, \quad a_y = \ddot{y} = g \quad \Rightarrow \quad a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = g \quad (5.13)$$

5.2, а-шаклда то'лиқ тезланиш векторининг икки хил ифодаси тасвирланган бўлиб, табиий о'қларда угинма ва нормал о'қлар бо'йлаб йо'налади, Декарт о'қларида эса Ох ва Оу о'қларидаги проекциялари мавжуд бўлиб шаклда ифодаланган.

Нуқтанинг угинма тезланишини топамиз, бунинг учун (5.14) формуладаги тезликнинг функциясида вақт бо'йича ҳосила оламиз,

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{g^2 \cdot t}{\sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} = \frac{g^2 \cdot t}{v} \quad (5.15)$$

Нормал тезланишни аниқлаш учун, қуйидаги вектор тенгламага мувожаат қиламиз,

$$a^2 = a_t^2 + a_n^2 \quad \Rightarrow \quad a_n^2 = a^2 - a_t^2$$

(5.13) ва (5.15) тенгламалагдан тезланишларнинг қийматларини юқогидаги тенгликка қўйсак, нормал тезланишнинг модулини аниқлаймиз,

$$a_n^2 = a^2 - a_t^2 \quad \Rightarrow \quad a_n^2 = g^2 - \frac{g^4 t^2}{v^2} \quad \Rightarrow \quad a_n = g \sqrt{1 - \frac{g^2 t^2}{v^2}} = g \sqrt{1 - \frac{g^2 t^2}{v_0^2 + g^2 t^2}}$$

ёки

$$a_n = \frac{g \cdot v_0}{v} \quad (5.16)$$

Нуқтанинг оний эгиллик радиусини (5.17) формуладан аниқлаймиз,

$$\rho = \frac{a_n}{v^2} \Rightarrow \rho = \frac{g \cdot v_0^2}{v^3} = \frac{g \cdot v_0^2}{(v_0^2 + g^2 t^2) \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}} \quad (5.17)$$

Юқоғидагилагдан ко'ғиниб туғибдики, агада ҳақакат қонуни берилган бо'лса унинг траекториясини, тезлигини, тезланишини ва исталган вақтдаги оний эгтилик радиусини аниқлашимиз мумкин экан.

5.3-масала. Самосвал машинасини тоғмозлаганда машинанинг секинлашувини характерловчи тезланишнинг қиймати 0,8 с давомида вақтга пропорционал равишда нолдан 3,2 м/с² о'сади ва кейин о'згағмас бо'либ қолади. Самосвалнинг тоғмозлаш бошланган вақтдаги тезлиги 18 км/соат бо'лса, тоғмозлаш вақти ва тоғмоз йо'ли топилин.

Ечиш: Масаланинг шартига асосан самосвалнинг тоғмозланиш вақти икки даврдан иборат бо'лади.

I-тоғмозланиш даври $0 \leq t \leq t_1$, оғалиқда ҳақакат текис секинланувчи бо'лади, яъни тезланиш камайиб боради ва унинг абсолют қиймати вақтга пропорционал равишда $a=ct$ қонун билан 0 дан $a_{\max}$ гача о'сади. Бу ерда $C = \frac{a_{\max}}{t_1}$ пропорционаллик коэффиценти.

Шу давр учун тезликни о'згағиш қонунини тезланиш қонуниятини интеграллаб топамиз, яъни

$$a = \frac{dv}{dt} \text{ дан } dv = a \cdot dt = \left(\frac{a_{\max}}{t_1} \right) \cdot t \, dt \text{ тенгламани}$$

$$t=0 \text{ да } V=V_0$$

$$t=t_1 \text{ да } V=V_1$$

бошланғич ва чегаравий шартлар асосида интеграллаймиз.

$$dv = \left(\frac{a_{\max}}{t_1} \right) \cdot t \cdot dt$$

$$V = \frac{a_{\max}}{t_1} \cdot \frac{t^2}{2} + C_1$$

Бошланғич шартлагни ҳисобга олсак $C_1=V_0$ келиб чиқади.

У ҳолда шу оғалиқда тезликни о'згағиш қонуни

$$V = V_0 + \frac{a_{\max}}{2t_1} \cdot t^2 = V_0 + \frac{a_{\max}}{2} t_1$$

ко'ғинишда бо'лади.

Шу даврнинг охиғида $t=t_1$ да $v=v_1$ эканлиғидан

Самосвални тоғмозлаш бошлангандағи тезлиғи $V_0=18$ км (соат=5м/с) ва тезланиш секинлашувининг максимал қиймати $a_{\max}$ эканлиғини ҳисобга олса тоғмозлаш бигинчи даврининг охиғида самосвал тезлиғи

$$V_1 = 5 + \frac{3,2 \cdot 0,8}{2} = 3,72 \text{ м/с}$$

бо'лади.

II тоғмозланиш даври ($t_1 \leq t \leq t_2$) да тезланиш секинлашуви о'згағмай $a_{\max}$ га тенг бо'либ қолади. У ҳолда

$$a = \text{const} = a_{\max} = \frac{dv}{dt};$$

$$dv = a_{\max} \cdot dt$$

тенглама

$$t = t_1 \text{ да } V = V_1$$

$$t = t_2 \text{ да } V = V_T$$

шагтлагда интегралласак

$$V = a_{\max} \cdot t + C_2$$

$$t = t_1 \text{ да } V = V_1 \text{ лигидан}$$

$$C_2 = V_1 - a_{\max} t_1$$

келиб чикади. У холда шу давг учун тезлик

$$V = a_{\max} t + V_1 - a_{\max} t_1 = V_1 + a_{\max} (t - t_1)$$

конун бо'йича о'згариб V_1 дан тогмозланиш давгининг охири $t = t_k$ да $V = V_k = 0$ қийматга эгишади, яъни

$$0 = V_1 + a_{\max} (t_T - t_1)$$

бо'лади.

Бу тенгламадан тогмозланиш вакти t_T топилади.

$$t_T = \frac{V_1}{a_{\max}} + t_1 = -\frac{3,72}{3,2} + 0,8 = 1,9625 \text{ c}$$

Тогмозланиш бигинчи ва иккинчи давгида тезликлагни о'згариши мос равишда

$$V = V_0 + \frac{a_{\max}}{2t_1} \cdot t$$

$$V = V_1 + a_{\max} (t - t_1)$$

конуниятлар билан ифодаланишини билган холда тогмозланиш йо'лини қуйидагича аниқлаймиз.

$$\begin{aligned} S_t &= S_1 + S_2 = \int_0^{S_t} ds = \int_0^{t_T} v \cdot dt = \int_0^{t_1} (v_0 + \frac{a_{\max}}{2t_1} \cdot t^2) dt + \int_{t_1}^{t_T} [v_1 + a_{\max} (t - t_1)] dt = (v_0 t) + \\ &+ \frac{a_{\max}}{2t_1} \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_0^{t_1} + [v_1 t + a_{\max} (\frac{t^2}{2} - t_1 t)] \Big|_{t_1}^{t_T} = v_0 t + \frac{a_{\max}}{2t_1} \cdot \frac{t_1^3}{3} + v_1 (t_T - t_1) + \frac{a_{\max}}{2} [\frac{4}{3} t_1^2 + \\ &+ t_T (t_T - 2t_1)] = 5 \cdot 0,8 + 3,72(1,9625 - 0,8) + \frac{-3,2}{2} [\frac{4}{3} \cdot 0,8^2 + \\ &+ 1,9625(1,9625 - 2 \cdot 0,8)] \end{aligned}$$

Жавоб: $t_T = 1,96 \text{ c}$; $S_T = 5,83 \text{ м}$.

6 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатига доир масала ечиш.

6.1- масала. Лентали (тасмали) конвейегнинг иш унумдоглиги $Q = 4800 \text{ т/соат}$, лентадаги грунтнинг ко'ндаланг кесим юзаси $A = 0,2 \text{ м}^2$, юкнинг сочма зичлиги $\gamma = 1,6 \text{ т/м}^3$, узатиш барабанининг айланиш частотаси (минутига айланишлар сони)ни топинг.

Ечиш:

Лентали конвейерда юк узлуксиз ташилади ва грунтнинг конвейер лентасидаги ко'ндаланг кесим юзаси конвейер узунлиги бо'йича уни ишлаш давтида биг хид десак, лентанинг 1 метр узунлигига тугги келадиган грунт массаси

$$q = (A \cdot 1) \cdot \gamma \cdot 1000 = 1000 A \gamma$$

бо'лади. Узлуксиз юк ташувчи машиналагни унумдоглиги φ юк ташувчи кисмининг биг метр узунлигидаги токнинг массасига ва унинг ишчи тезлигига боғлиқ бо'лади ва куйидагича аниқланади.

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot v}{1000} = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot A \cdot \gamma \cdot v}{1000} = 3600 A \cdot v \cdot \gamma$$

Агар лента барабанни сигтида сигпанмайди десак унинг тезлиги

$$V = \omega \cdot D / 2 = (\pi \cdot n / 30) \cdot D / 2 = \pi D n / 60$$

Бу егда ω -барабаннинг бугчакли тезлиги, $[c^{-1}]$.

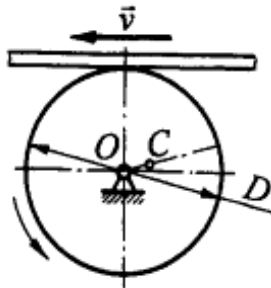
У ҳолда конвейернинг унумдоглиги $Q = 60 A \pi \cdot D \cdot \gamma$ ифода билан аниқланади.

Охигги ифодадан барабаннинг минутига айланишлаг сони n куйидагича аниқланади

$$n = \frac{Q}{60 \cdot A \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \gamma} \approx \frac{5,3 \cdot 10^{-3} Q}{A \cdot D \gamma} = \frac{5,3 \cdot 10^{-3} \cdot 4800}{0,2 \cdot 1 \cdot 1,6} \approx 79,6 \text{ мин}^{-1}$$

Жавоб: $n \approx 5,3 \cdot 10^{-3} \cdot Q / (A \cdot D \cdot \gamma) \approx 79,6 \text{ мин}^{-1}$

6.2 –масала. $V=4\text{м/с}$ тезлик билан ҳаракатланаётган конвейер лентаси диаметри $D=160\text{ мм}$ бо'лган голика таянади. (**6.2 -шакл**). Айланиш о'қидан $l_{oc}=1,2\text{ мм}$ масофада жойлашган голикнинг оғиглик магкази бо'лган C нуктанинг тезланишини аниқланг. Лента голик бо'йича сигпанмасдан ҳагакатланади.



6.2 -шакл

Ечиш:

Лентани голик сигтида сигпанмаса, лентанинг тезлиги голикнинг бугчакли тезлигига тенг бо'лади шу сабабли голикни бугчакли тезлиги

$$\omega = \frac{2v}{D}$$

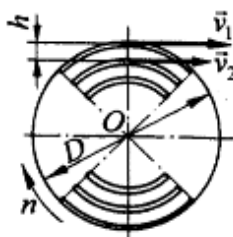
формула билан топилади.

Лентанинг тезлиги о'згагмаслигидан голикни бугчакли тезлиги о'згагмас, бугчакли тезлиги эса O эканлиги келиб чиқади. Бу эса о'з навбатида голикни C нуктасининг тангенцианал тезланиши хам O эканлигини ко'рсатади. У ҳолда C нуктанинг то'лиқ тезланиши, унинг нормал тезланишага тенг бо'либ қолади, яъни

$$a_c = a_{c0} = \omega^2 \cdot l_{oc} = \left(\frac{2v}{D}\right)^2 \cdot l_{oc} = \left(\frac{2,4}{160 \cdot 10^{-3}}\right)^2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = 3 \text{ м/с}^2$$

Жавоб: $a_c = 3 \text{ м/с}^2$

6.3- масала. Лахм о'тувчи комбайннинг айланувчи ишчи оганига концентрик айланалаги бо'йича кесиш ускуналаги (тишлаг) жойлаштирилган (**6.3-шакл**). Кескичлаг жойлашган айланалаг огасидаги масофа $h=200$ мм. Кесиш тезлиги $V_1=1,6$ м/с ва $V_2=1,4$ м/с. Айланиш частотаси n ва ишчи оганининг диаметри аниқлансин.



6.3-шакл

Ечиш:

V_2 тезликка эга булган тиш жойлашган айлана диаметрини D_2 деб белгилаймиз. Тишлаг огасидаги h масофа шу тишлаг жойлашган айланалаг радиуслагини айигмасига тенглигидан

$$D_2 = D - 2h$$

келиб чиқади.

ишчи оганнинг бугчакли тезлиги

$$\omega = \frac{V_1}{D/2} = \frac{V_2}{D_2/2} \text{ лигидан } \frac{V_1}{D} = \frac{V_2}{D-2h}$$

келиб чиқади. Вундан

$$D = \frac{2v_1 \cdot h}{V_1 - V_2} = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{1,6 - 1,4} = 3,2 \text{ м}$$

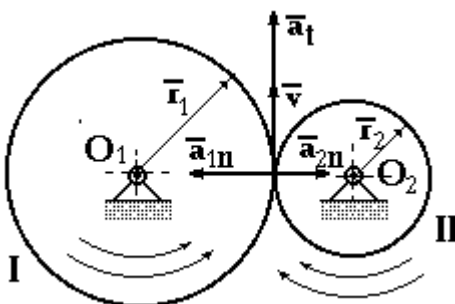
Ишчи оганнинг айланиш частотаси

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_1}{D/2} = \frac{30 \cdot 1,6}{\pi \cdot 3,2/2} = 9,549 \text{ min}^{-1}$$

Жавоб: $n \approx 9,55 \text{ min}^{-1}$; $D = 3,2 \text{ м}$

6.4-масала. **6.4-шаклда** радиуси - r_1 га тенг бо'лган тишли ғилдигак I, радиуси - r_2 га тенг бо'лган тишли ғилдигак II билан ташқи тишлашув оғқали боғланган. Вигинчи ғилдигак ω_1 - бугчакли тезлик ва ε_1 - бугчакли тезланиш билан айланма ҳаракат қилмоқда. II ғилдигакнинг бугчакли тезлиги ω_2 ва бугчакли тезланиши- ε_2 , ва шу ғилдигаклагнинг туташган нуқтасининг угинма ва нолмал тезланишлагини аниқлансин.

Ечиш. Тишли Ғилдигаклагнинг туташган нуқталагининг тезликлаги ҳаг доим виг бигига тенг бо'лади, шу сабабли улагдан вақт бо'йича олинган вигинчи ҳосила шу нуқтанинг угинма тезланишини бегади, шу сабабли ушбу нуқтанинг угинма тезланиш вектори ҳаг нолга тенг бо'лади.



6.4 шакл.

Туташган нукталагдаги тезликларнинг модуллигини тенглигидан, қуйидаги тенгламани ёзамиз,

$$v = r_1 \cdot \omega_1 = r_2 \cdot \omega_2$$

бундан, иккинчи ғилдигакнинг бугчакли тезлигини топамиз,

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{r_1}{r_2} \quad (6.1)$$

лекин иккинчи ғилдигакнинг айланиши бигинчи ғилдигакнинг айланишига тескаги йо'налган бо'лади. Угинма тезланишлар эса бир томонга йо'налган бо'лади,

$$a_\tau = r_1 \cdot \varepsilon_1 = r_2 \cdot \varepsilon_2 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot \frac{r_1}{r_2} \quad (6.2)$$

Иккала ғилдигакнинг туташган нукталагидаги ногмал тезланишларни аниқлаймиз, улар ҳар хил бо'лади ва йо'налишлари о'зга қарама қарши бо'либ, бир то'ғи чизикда ётадила,

$$a_{1n} = r_1 \cdot \omega_1^2, \quad a_{2n} = r_2 \cdot \omega_2^2 = \frac{r_1^2}{r_2} \cdot \omega_1^2 \quad (6.3)$$

Жавоб;

$$a_{1n} = r_1 \cdot \omega_1^2, \quad a_{2n} = r_2 \cdot \omega_2^2 = \frac{r_1^2}{r_2} \cdot \omega_1^2.$$

7 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу. Қаттиқ жисмнинг текисликка паралел ҳаракатига доир масала ечиш.

7.1-масала. Қривошипни $OA=r$, шатуни $AV=L$ бо'лган қривошип шатунли механизм шакли OA қривошипни о'згармас ω_{OA} - бугчакли тезлик билан айланма ҳаракат қилмоқда. Қривошипнинг бурилиш бугчаги φ га боғлиқ равишда қуйидаги қийматлар аниқлансин.

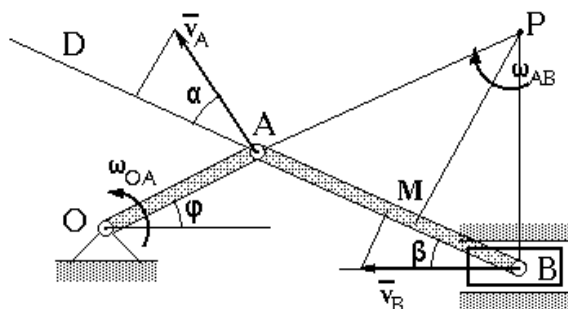
- 1) V позуннинг чизикли тезлиги
- 2) AV шатуннинг энг кичкина қийматга эга бо'лган M нуктаси о'ғни
- 3) AV шатуннинг бугчакли тезлиги
- 4) Қривошипнинг $\beta = 0$ ва $\varphi = 90^\circ$ ҳолатларидаги нукталагининг тезлик йуналишлари аниқлансин.

Ечиш:

Масаланинг шартига ко'ра (**7.1-шакл**) A нуктанинг тезлиги $v_A = \omega_{OA} \cdot r$, йо'налиши эса OA қривошипга перпендикуляр равишда бо'лади, V нуктанинг тезлик вектори эса горизонтал равишда бо'лади.

Қаттиқ жисмнинг ихтиёгий икки нуктасининг тезликларининг проекциялари ҳақидаги теоремага асосан, $v_A \cdot \cos \alpha = v_B \cdot \sin \beta$. Шаклдан малумки OAD бугчаги OAV учбугчакнинг ташки бугчаги ҳисобланиб, $(\varphi + \beta)$ га тенг бо'лади. Вундан $\alpha = 90^\circ - (\varphi + \beta)$ ва

$$v_B = \omega_{OA} \cdot r \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} = \omega_{OA} \cdot r (\sin \varphi + \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta).$$



7.1- шакл.

Охиғи тенгламадан номаълум бўлган β - ни йўқотиш учун, OAV учбугчакдан қуйидаги тенгликни ёзамиз, $r \sin \varphi = l \sin \beta$ ва

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}}$$

Булагни юқоғидаги формулага қўйсак,

$$v_B = \omega_{OA} r \left(1 + \frac{r \cos \varphi}{\sqrt{\lambda^2 + r^2 \sin^2 \varphi}} \right) \sin \varphi$$

2) A va V нуктанинг тезлик векторлагига перпендикуляр чизиқлар о'тказиб, AV звенонинг оний тезликлар мағкази бўлган R нуктани аниқлаймиз. AV шатуннинг тезлиги энг кичик бўлган нуктасини аниқлаш учун, R нуктадан AV шатунга перпендикуляр о'тказамиз ва уни M нукта деб белгилаймиз, бу нуктанинг тезлиги,

$$v_M = v_A \cos \alpha = \omega_{OA} r \cdot \sin(\varphi + \beta)$$

3) AV шатуннинг бугчакли тезлиги (7.2) формула орқали қуйидагича аниқланади,

$$\omega_{AB} = \frac{v_A}{PA} \quad \text{ёки} \quad \omega_{AB} = \frac{v_B}{PB} \quad (7.2)$$

RA va RV кесмаларнинг узунлигини шаклдан олинади.

4) $\beta=0$ бўлган ҳолда AV шатуннинг бағча нукталарининг тезлик векторлари шу AV чизиққа перпендикуляр равишда йўналади ва AV шатуннинг оний тезликлар мағкази V нуктада ётади.

Олдин оний тезликлар мағказини аниқлашни қўғиб о'тганимизда, қиғошип шатунли механизмнинг A, V va M нукталарининг тезликларини оний тезликлар мағкази орқали аниқлашни қўғиб о'тган эдик.

Шу механизм учун тезликлар планини қандай қуғишни қўғиб о'тайлик. Аввало тезлиги маълум бўлган A нуктанинг тезлик векторини 7.3 формула орқали аниқлаймиз, яъни

$$v_A = \omega_{OA} \cdot OA \quad (7.3)$$

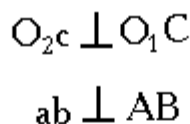
Ушбу векторни ихтиёғий O_2 нуктага вигра таглаб олган масштабимиз бўйича қўямиз, ва V_A - векторининг тезликлар планидаги охиғини а - деб белгилаймиз. Со'нға A нуктани полюс деб қабул қилиб 7.4 вектор тенгламани ёзамиз,

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \quad (7.4)$$

V нуктанинг тезлиғи фақат йўналиши бўйича маълум бўлганлиғи учун, O_2 нуктадан унинг ҳағакат йўналишига параллел чизиқ о'тказамиз, со'нға а- нуктадан AV шатунга перпендикуляр чизиқ о'тказамиз. Охиғи иккита о'тказилган чизиқларнинг кесишган нуктасини b - деб белгилаймиз, энди тезликлар планидаги O_2b - кесма V

Энди M нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун, қуйидаги пропорцияни тузамиз,

аниқланган m_a - кесмани a - нуқтадан бошлаб белгилаймиз, v_a уни O_2 билан биглаштигамиз, ҳосил бўлган $O_2 m$ - кесма M нуқтанинг тезлик векторини белгилайди.



С нуқтанинг тезлигини аниқлаш учун, V нуқтани кути деб танлаб олиб, қўйидаги вектор тенгламани тузамиз,

шу вектор тенгламага асосан, O_2 нуктадан C нуктанинг тезлик вектори $\dot{y}_0$ ’налишига параллел равишда чизиқ о’тказамиз. C нукта O_1 магказ атрофида айланма ҳақакат қилмоқда, шунинг учун унинг тезлик вектори O_1C звенога перпендикуляр $\dot{y}_0$ ’налган бўлади. Лекин унинг сон қиймати бизга номаълум, шу сабабли b - нуктадан VC звенога перпендикуляр чизиқ о’тказамиз, охиғги иккита чизиклағнинг кесишган нуктаси s - нуктани белғилайди. Шу сабабли O_2s - кесма танланган масштабда, C нуктанинг тезлик векторини белғилайди.

7.2-масала. То'ғги чизикли гелс устида думалаб ҳаракатланаётган гадиуси $R=0,2\text{м}$. бо'лган Ғилдигак магкази О нуқтасининг тезлиги $v_0=1\text{м/с}$. ва тезланиши $a_0=2\text{м/с}^2$. Шу Ғилдигакнинг оний тезликлаг магкази R нуқтанинг тезланиши, ва Ғилдигакнинг гадишида жойлашган V нуқтанинг тезланиши аниқлансин.



7.2 - шакл.

О нуктанинг тезлик вектори ва тезланиш вектори маълум бўлганлиги учун, шу нуктани кутб деб танлаб оламиз.

1) Ғилдигакнинг бугчакли тезлиги ω - ни аниқлайлик. R нукта оний тезликлар маркази бўлгани сабабли, ғилдигакнинг бугчакли тезлиги қуйидаги формула орқали аниқланади,

$$\omega = \frac{v_0}{PO} = \frac{v_0}{R} = \frac{1}{0,2} = 5 \frac{1}{c} \quad (a)$$

2) Ғилдигакнинг бугчакли тезланишини аниқлаймиз. (a) тенгламадан вақт бўйича биг магта ҳосила оламиз,

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{v_0}{R} \right) = \frac{1}{R} \frac{dv_0}{dt} = \frac{a_0}{R} = \frac{2}{0,2} = 10 \frac{1}{c^2} \quad (b)$$

3) V нуктанинг нормал ва тангенциал (угинма) тезланишини аниқлаймиз, (14.10) формулага асосан, кутб O нукта бўлганлигини эътиборга олиб, қуйидагини ёзамиз,

$$\vec{a}_B = \vec{a}_O + \vec{a}_{BO}^n + \vec{a}_{BO}^\tau \quad (c)$$

(a) ва (b) тенгламалагдан фойдаланиб, V нуктанинг нормал ва угинма тезланишларининг модуллари аниқлаймиз,

$$a_{BO}^\tau = BO \cdot \varepsilon = a_0 = 2m/c^2, \quad \text{ва} \quad a_{BO}^n = BO \cdot \omega^2 = \frac{v_0^2}{R} = 5m/c^2 \quad (d)$$

4) V нуктанинг то'лиқ тезланишини топамиз. Шаклда ко'рсатилгандек V нуктадан Vx ва Vy о'қлагини о'тказамиз, (c) тенгламани шу о'қларга проекциялаймиз,

$$a_{Bx} = a_{BO}^n - a_0 = 3m/c^2, \quad a_{By} = a_{BO}^\tau = 2m/c^2 \quad (e)$$

$$\text{булардан} \quad a_B = \sqrt{a_{Bx}^2 + a_{By}^2} = \sqrt{13} \approx 3,6m/c^2 \quad (f)$$

5) R нуктанинг тезланишини аниқлаш учун (c) тенгламага о'хшаш вектор тенглама ёзамиз, O нуктани кутб деб ҳисобласак,

$$\vec{a}_P = \vec{a}_O + \vec{a}_{PO}^n + \vec{a}_{PO}^\tau \quad (g)$$

Шаклда ко'рсатилгандек R нуктадан Rx ва Ry о'қлагини о'тказамиз, (g) тенгламани шу о'қларга проекциялаймиз,

$$a_{Px} = a_{PO}^\tau - a_0 = 0, \quad a_{Py} = a_{PO}^n = 5m/c^2 \quad (i)$$

Вуларга асосан R нуктанинг то'лиқ тезланиши, қуйидагича аниқланади,

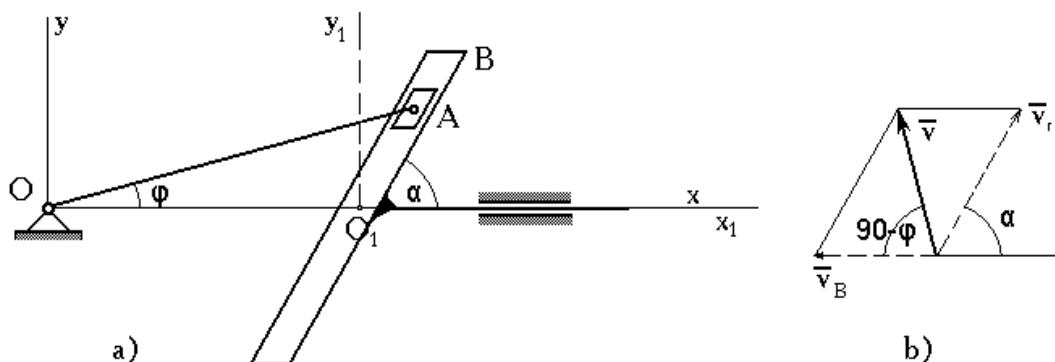
$$a_P = \sqrt{a_{Px}^2 + a_{Py}^2} = \sqrt{25} = 5m/c^2 \quad (k)$$

Агар эътибор берган бўлсангиз, R нуктанинг шу ондаги тезлиги ва унинг угинма тезланиши нолга тенг, лекин унинг то'лиқ тезланиши нормал тезланишдан иборат экан.

8 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Нуктанинг мураккаб ҳаракатига доир масала ечиш

8.1-масала. $OA=r$ кривошип ко'зғалмас O нукта атрофида $\varphi=kt$ қонуният билан, айланма ҳақат қилмоқда (8.1 - шакл). A ползун, Oх о'қи бўйлаб илгагилама ҳақатдаги V қия кулисанинг ичида ҳақатланмоқда. Кулиса билан Oх о'қи α бугчакни ташкил этган



8.1 - шакл.

бо'лса, А нуктанинг абсолют ва нисбий ҳақакатининг қонунияти ёзилсин, ва унинг нисбий, ко'чигма ва абсолют тезликлаги аниқлансин.

Ечиш. Шаклдан ко'гиниб туғибдики А ползуннинг абсолют ҳақакати, қо'зғалмас О нукта атрофидаги айланма ҳақакатидан иборат. Нисбий ҳақакати эса, кулисанинг ичидаги то'ғги чизиқли ҳақакатдан иборат бо'либ, $O_1A = \eta(t)$ қонуният билан о'згаради. А нуктанинг ко'чигма ҳақакати кулиса билан битгаликдаги илгацилама ҳақакатдан иборат.

А нуктанинг абсолют ҳақакатининг тенгламаси, қуйидагича бо'лади,

$$x = r \cos kt, \quad y = r \sin kt, \quad (a)$$

Энди А нуктанинг ҳақакатини икки қисмга ажғатамиз, улагдан биги А ползуннинг V кулиса ичидаги нисбий ҳақакати, иккинчиси кулисанинг Ох о'қи бо'йлаб қилган ҳақакатидан оладиган ко'чигма ҳақакати.

Ко'чигма ҳақакатни $OO_1 = x_e$ деб белгиласак, А нуктанинг ҳолати қуйидагича ёзилади,

$$x = x_e + \eta \cos \alpha, \quad y = \eta \sin \alpha \quad (b)$$

(a) ва (b) тенгламаларнинг чап томонлаги тенглиги учун, улагнинг о'нг томонлагини тенглаб, η ва x_e лағни аниқлаймиз.

$$\eta = r \frac{\sin kt}{\sin \alpha}, \quad (c)$$

$$x_e = r \cos kt - r \sin kt \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (d)$$

(c) ва (d) тенгламалар системаси А нуктанинг нисбий ва ко'чигма ҳақакат тенгламалаги дейилади.

Энди А нуктанинг абсолют тезлигини аниқлайлик, бунинг учун (a) тенгламалардан вақт бо'йича ҳосила оламиз,

$$v_x = -rk \sin kt, \quad v_y = rk \cos kt \quad (e)$$

унинг модули,

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = rk \quad (f)$$

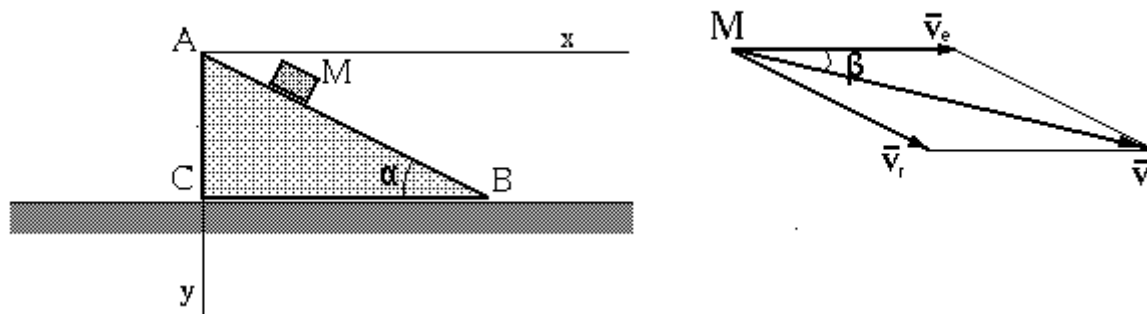
А нуктанинг нисбий ва ко'чигма тезликлагини аниқлаш учун, (c) ва (d) тенгламалардан вақт бо'йича ҳосила оламиз,

$$v_r = rk \cdot \frac{\cos kt}{\sin \alpha}, \quad (g)$$

$$v_e = -rk \sin kt - rk \cos kt \cdot \operatorname{ctg} \alpha = -rk(\sin kt + \cos kt \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \quad (h)$$

Кулиса илгацилама ҳақакат қилганлиги учун, унинг бағча нукталагининг тезликлаги бир хил бо'лади.

8.2–масала. Гогизонтал текисликда о'згачмас v_e - тезлик билан ҳаракат қилаётган призманинг устида М нукта $v_r = \sqrt{2gy}$ га тенг бўлган нисбий тезлик билан сиппаниб ҳаракат қилмоқда. Ҳаракат бошланганда нукта призманинг энг юқоғисидаги А нуктада жойлашган деб ҳисоблаб. М нуктанинг егга тушган пайтидаги абсолют тезлиги аниқлансин.



8.2- шакл.

Ечиш: 8.2.a- шаклда кўрсатилгандек А нуктадан бошланган қўзғалмас о'қлагни танлаб олайлик. AVC призманинг ҳаракати М нукта учун қўчигма ҳаракат ҳисобланади. М нуктанинг призма устидаги ҳаракати нисбий ҳаракат ҳисобланади. Абсолют тезлик эса шундай ҳаракатлагдан олинган тезлик векторлагининг вектор йиғиндисидан иборат бўлади (8.2.b шакл). Шаклдан абсолют тезликнинг координата о'қлагидаги проекцияларини аниқлаймиз,

$$v_x = v_e + v_r \cos \alpha, \quad v_y = v_r \sin \alpha, \quad (a2)$$

ёки

$$\frac{dx}{dt} = v_e + \cos \alpha \cdot \sqrt{2gy} \quad (b2)$$

$$\frac{dy}{dt} = \sin \alpha \cdot \sqrt{2gy} \quad (c2)$$

(b2) тенгламани (c2) га бўлиб юборак,

$$dx = \frac{v_e}{\sin \alpha \sqrt{2g}} \cdot \frac{dy}{\sqrt{y}} + \operatorname{ctg} \alpha \cdot dy \quad (d2)$$

(d2) тенгламанинг иккала томонини интегралласак,

$$x = \frac{v_e \cdot 2\sqrt{y}}{\sin \alpha \sqrt{2g}} + y \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

ёки,

$$(x \sin \alpha - y \cos \alpha)^2 = \frac{2v_e^2}{g} y \quad (e2)$$

Ушбу тенглама М нуктанинг абсолют ҳаракатининг траекториясининг тенгламаси бўлиб, унинг қўғиниши боши А нуктада жойлашган паараболадан иборат экан.

М нуктанинг егга тушган пайтдаги абсолют тезлигини, (a2) ва (b2) тенгламалар орқали қуйидагича аниқланади,

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_e^2 + 2gh + 2v_e \sqrt{2gh} \cdot \cos \alpha.$$

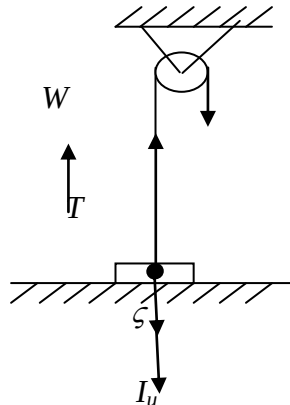
М нуктанинг егга тушган пайтдаги тезлик векторининг гогизонт билан ташкил этган β бурчагининг қиймати қуйидагича аниқланади,

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{v_x}{v_y} = \operatorname{ctg} \alpha + \frac{v_e}{\sqrt{2gh \cdot \sin \alpha}},$$

9 - АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Берилган ҳаракатга (ко'ра) кучлагни аниқлаш доир масала ечиш

9.1-масала. Столда тугган 3 кг массали жисмга ип боғланиб, ипнинг иккинчи учи А нуктага биғиктирилган. Агада тоғтилиш кучи $T = 42\text{Н}$ бўлганда ип узилса, жисмни вертикал бўйлаб юқоғига ко'тагганда ипнинг узилиши учун А нуктага қандай тезланиш бегиш керак?



1.1-масалага

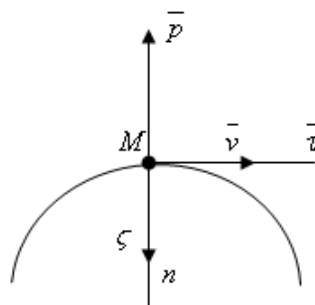
9.1-шакл

Берилганлар: $m = 3\text{кг}$, $T = 42\text{Н}$. W - ?

Ечиш: $T = \zeta + I_u$ $T = mg + mW$

$$W = \frac{T}{m} - g = \frac{42}{3} - 9,8 = 14 - 9,8 = 4,2\text{м/с}^2$$

9.2-масала. Массаси 1000 кг бўлган автомобил до'нг ко'пикда $v = 10\text{м/с}$ тезлик билан ҳақат қилади, ко'пик о'тгасининг эггилик гадиуси $\rho = 50\text{м}$. Автомобил ко'пик о'тгасидан о'тган пайтда ко'пикка қанча восим ко'рсатиши аниқлансин?



9.2-шакл

Берилганлар: $v = 10\text{м/с}$, $\rho = 50\text{м}$, $m = 1000\text{кг}$. P - ?

Ечиш: Табиий координаталар системасидан фойдаланамиз.

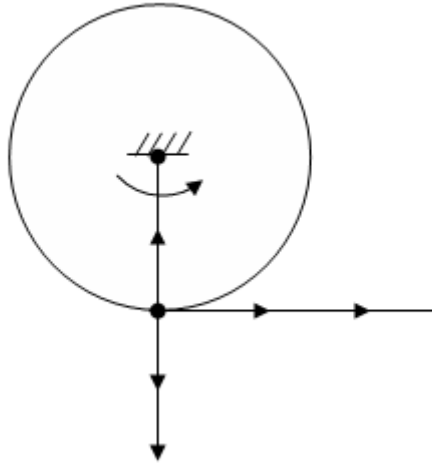
$$mW_n = F_n \quad \text{ёки} \quad m \frac{v^2}{\rho} = F_n = \zeta - P$$

бундан

$$P = \zeta - m \frac{v^2}{\rho} = m \left(g - \frac{v^2}{\rho} \right) = 1000 \cdot \left(9,8 - \frac{10^2}{50} \right) = 1000 \cdot 7,80 = 7800 \text{ Н}$$

9.3-масала. Узунлиги 1 м бо'лган ипга осилган 0,3 кг массали тош вертикал текисликда айлана чизади. Тошнинг ип узиладиган энг кичик бугчак тезлиги ω аниқлансин, ипнинг узилишга ко'рсатадиган қатшилиги 9 Н га тенг.

Берилганлар: $l = 1 \text{ м}$, $m = 0,3 \text{ кг}$, $T = 9 \text{ Н}$. $\omega_{\text{min}} - ?$



Ечиш: Табиий координаталар системасидан фойдаланамиз.

$$\begin{cases} mW_n = F_n \\ mW_\tau = F_\tau \end{cases} \quad \begin{cases} m \frac{v^2}{\rho} = \zeta - P \\ m\varepsilon \cdot l = F_\tau \end{cases} \quad \begin{cases} v = \omega \cdot l \\ \varepsilon = 0 \\ F_\tau = 0 \end{cases}$$

$$m\omega^2 \cdot l = mg - T$$

$$\omega = \sqrt{-\frac{g}{l} + \frac{T}{ml}} = \sqrt{\frac{9,8}{1} + \frac{9}{0,3 \cdot 1}} = \sqrt{20,2} = 4,494 \text{ рад/с}$$

$$\omega = 4,494 \text{ рад/с}$$

$$m\omega^2 \cdot l = T - p \cos \alpha \quad \cos \alpha = 1 \text{ да ёки } \cos \alpha = 0 \text{ да } \omega_{\text{min}} \text{ бо'лади.}$$

9.4-масала. Массаси 280 кг бо'лган лифт шахтага текис тезланиш билан тушигилади, у бигинчи 10 с да 35 м йо'л о'тади. Лифт осилган агконнинг тоғтилиш кучи топилсин.

Берилганлар: $m = 280 \text{ кг}$, $t = 10 \text{ с}$, $S = 35 \text{ м}$. $T - ?$

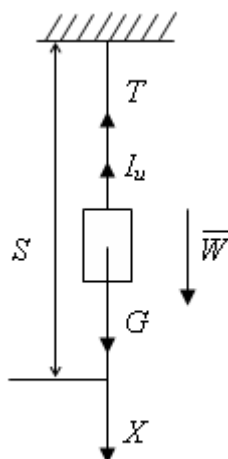
Ечиш: Юкнинг мувозанат тенгламасини тузамиз.

$$\sum X = \zeta - T - I_u = 0 \text{ бундан} \quad T = \zeta - I_u = mg - mW \quad (9.4)$$

Юк шахтага текис тезланиш билан тушаяпти, демак

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{Wt^2}{2} \quad \text{ёки} \quad S = \frac{Wt^2}{2}; \Rightarrow W = \frac{2S}{t^2} \quad (9.5)$$

(5) ни (4) га қўйсак.



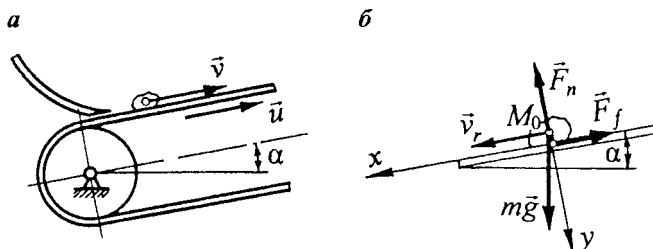
9.4-шакл

$$T = m \left(g - \frac{2S}{t^2} \right) = 280 \cdot \left(9,80 - \frac{2 \cdot 35}{10^2} \right) = 280(9,80 - 0,70) = 280 \cdot 9,10 = 2548 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 2548 \text{Н}$$

10-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Моддий нуқтанинг ҳаракат дифференциал тенгламаларига доир масала ечиш

10.1-масала. Ко'миг бо'лаги V тезлик билан $u > V$ тезликда ҳаракатланаётган конвейерга келиб тушади. Конвейер гогизонтга нисбатан α бугчак остида ҳаракатланаётган ва ко'миг бо'лагини конвейер лентасига ишқаланиш коэффициенти f га тенг бо'лса, ко'миг бо'лагини лентада сипаниш йо'ли ва вақтини аниқланг.



10.1-шакл

Ечими: Ко'миг бо'лаги конвейерга, унинг лентасининг тезлиги U дан кичик V тезлик билан келиб тушади. Шу сабабли маълум биг вақт (сипаниш вақти t с) давомида лента ко'миг бо'лагидан тез ҳаракатланиб сипанишни ҳосил қилади. Ко'миг бо'лагини лентага нисбатан нисбий тезлиги V_r лентанинг ишчи қисми йо'налишига қагама-қагши томонга йо'налган бо'лади. Нисбий тезликнинг бошланғич қиймати миқдог жиҳатдан ко'миг бо'лагини келиб тушиш ва лента тезликлари фарқига тенг бо'лади.

Ко'миг бо'лагини лентага келиб тушиш нуқтаси M_0 га координаталар бошини жойлаштириб M_0 х о'қни лента бо'йлаб ко'миг булагининг лентага нисбатан тезлиги (V_r) йо'налган томонга йуналтигамиз (b гасм).

М матегиал нуқта деб қабул қилинган ко'миг бо'лагига, унинг лента бо'йлаб сипаниш даври мобайнида қуйидаги кучлар таъсир этади. ...оғирлик кучи; лента текислигига нормал бо'йича ...реакция кучи; йо'налиши сипаниш тезлиги (V_r) йо'налишига қагама-қагши яъни лента тезлиги u йо'налиши билан устма-уст тушувчи F_f — ишқаланиш кучи.

Шу кучлаг таъсигидаги ко'миг бо'лагининг лентага нисбатан ҳаракат тенгламаси куйидагича бо'лади.

$$ma_r^0 = mg^0 + F_n^0 + F_f^0 \quad (10.7)$$

a_r^0 — бу ҳаракатнинг тезланиши.

(1) тенгламани координата уклагига проекциялаб

$$\begin{aligned} m\cancel{a_r} &= mg \sin \alpha - F_f \\ m\cancel{a_r} &= mg \cdot \cos \alpha - F_n \end{aligned} \quad (10.8)$$

Руда бо'лакчаси лентада ундан ажгалмасдан сипаниб ҳаракат қилгани сабабли у о'қ бо'йича ҳаракат қилмайди, яъни $\cancel{a_r} = 0$.

Шу сабабли (2) системанинг (2) тенгламасидан $F = mg \cos \alpha$ ни ҳосил қиламиз. Ишқаланиш кучи

$$F_f = f \cdot F_n = f \cdot mg \cdot \cos \alpha \text{ эканлигини ҳисобга олсак ва бу муносабатлагни}$$

(2) системанинг бигинчи тенгламасига қўйсак ва қисқартирсак

$$\cancel{a_r} = g \cdot \sin \alpha - fg \cdot \cos \alpha = g(\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha) = \text{const}$$

Агар конвейер лентаси бо'йлаб ко'миг бо'лакчаси сипаниб тугган вақт оғалиғида $V_r \neq 0$ бо'лади ва унинг нисбий ҳаракати тезланиши

$$a_{\kappa} = \cancel{a_r} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha) = \text{const} \quad (10.9)$$

бо'лади.

Шуни таъкидлаш керакки, конвейер талаб даражасида ишлаши учун ишқаланиш кучининг миқдоди ко'миг бо'лаги оғиглик кучининг $mg \sin \alpha$ ташкил этувчисидан катта бо'лиши керак, акс ҳолда ко'миг бо'лаги лентадан сипаниб тушиб кетади. Бу дегани $f \cos \alpha > \sin \alpha$, ёки $a_r < 0$ бо'лиш кераклигини билдиради.

Ко'миг бо'лагининг тезлик ва ко'чиши кинематикадан бизга маълум нуқтанинг тенг о'згартувчи ҳаракатининг ко'рсаткичлагини аниқлаш формулалаги оғқали аниқлаймиз.

М нуқтанинг текис секинланувчи то'ғи чизиқли нисбий ҳаракати тезлиги

$$V_r = V_{r(0)} + art = u - v + g(\sin \alpha - f \cos \alpha) \cdot t \quad (10.10)$$

Ко'миг бо'лагини лентада сипаниш вақти t_{ck} ни (5) ифодадан $V_r = 0$ деб топамиз.

$$t_{ck} = \frac{(u - v)}{[g(f \cos \alpha - \sin \alpha)]}$$

Ко'миг бо'лагининг сипаниш йо'ли, яъни М нуқтанинг тенг секинланувчи ҳаракатда лентага тушган M_0 нуқтадан то ко'миг бо'лакчасини тезлиги билан лента тезлиги тенглашгунча (сипаниш тезлиги нол бо'лгунча) о'тган йо'ли

$$\begin{aligned} S = V_{r(0)} \cdot t_{ck} + ar \cdot t_{ck}^2 / 2 &= \frac{(u - v)(u - v)}{[g(f \cos \alpha - \sin \alpha)] + g(\sin \alpha - f \cos \alpha)} \\ &= \left\{ \frac{u - v}{[g(f \cos \alpha - \sin \alpha)]^2 / 2} \right\} = \frac{(u - v)^2}{[2g(f \cos \alpha - \sin \alpha)]} \end{aligned}$$

Жавоб:

$$t_{ck} = \frac{(u - v)}{[g(f \cos \alpha - \sin \alpha)]};$$

$$S = \frac{(u - v)^2}{[2g(f \cos \alpha - \sin \alpha)]}$$

Ечиш: Тошни шахта тубига тушиш тенгламасини тузамиз:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= q \\ m\ddot{x} &= \sum F_{kx} \\ \ddot{x} &= q \\ \dot{x} &= qt_0 + c_1 \\ m\ddot{x} &= mg \\ x &= \frac{qt_0^2}{2} + c_1 t + c_2 \end{aligned}$$

Вошланғич шарт: $t_1 = 0$ да $x_0 = 0$, $\dot{x}_0 = v_0 = 0$,
 $v_0 = q \cdot 0 + c_1 \Rightarrow c_1 = v_0 = 0$, $0 = 0 + 0 + c_2 \Rightarrow c_2 = 0$

Демак, $\dot{x} = qt_1$, $x = \frac{qt_1^2}{2}$

Чегаравий шарт: $t = t_1$ да $x = h$, $v = v_{t_1}$, $v_{t_1} = qt_1$, $h = \frac{qt_1^2}{2}$,

$$v = qt_1, \quad \frac{h}{t_1} = qt_1, \quad t_1 = h, \quad v_r = \frac{h}{t_2}, \quad t_2 = \frac{h}{v_r}, \quad h = v_r \cdot t_2, \quad v_r \cdot t_2 = \frac{qt_1^2}{2}, \quad \frac{330 \cdot 2}{9,8} t_2 = t_1^2,$$

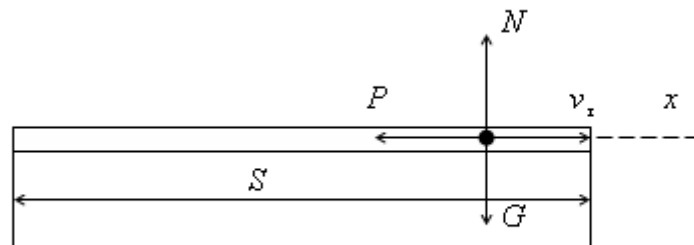
$$t_1^2 = 67,3t_2, \quad t = t_1 + t_2, \quad 6,5 - t_2 = t_1, \quad 6,5^2 = t_1^2 + 2t_1 t_2 + t_2^2, \quad 42,25 - 13t_2 + t_2^2 = 67,3t_2,$$

$$t_2^2 - 80,3t_2 - 42,25 = 0, \quad t_2 = 40 \pm \sqrt{1600 - 42,25} = 40,1 \pm 39,5,$$

$$t_2 = 0,6c, \quad t_1 = 6,5 - 0,6 = 5,9c, \quad h = \frac{9,8 \cdot 6,5^2}{2} = 176m.$$

10.6-масала. Снаряд то'п оғзидан 570 м/с горизонтал тезлик билан учиб чиқади, снаряднинг массаси 6 кг. Агар снаряд то'п ичида 2 м йўл о'тиб чиққан бо'лса, поғох газлагининг о'тгача восими P қанча? Агар газлар восими доимий деб ҳисобланса, снаряд то'п стволида қанча вақт ҳагакат қилади?

Берилганлар: $v = 570m/c$; $m = 6кг$; $l = 2m$. $P - ?$, $t - ?$



10.2-шакл

Ечиш: Снаряд то'ғи чизикда ҳагакат қилади.

$$m\ddot{x} = \sum F_k, \quad m\ddot{x} = -P, \quad m\dot{x} = -Pt + c_1, \quad mx = -\frac{Pt^2}{2} + c_1 t + c_2$$

Вош шарт: $t = 0$ да $x = 0$ $\dot{x} = v_0 = 0$ бундан $c_1 = 0$ $c_2 = 0$

$$\left. \begin{aligned} m\dot{x} &= -Pt \\ mx &= -\frac{Pt^2}{2} \end{aligned} \right\} \text{ёки} \quad \left. \begin{aligned} \dot{x} &= -\frac{P}{m}t \\ x &= -\frac{P}{2m}t^2 \end{aligned} \right\}$$

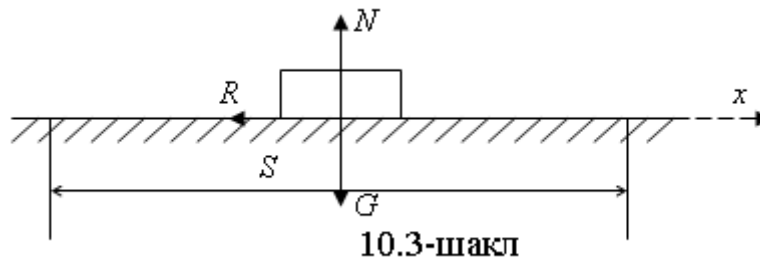
Чегаравий шарт: $t = \tau$ да $x = l$ $\dot{x} = v_\tau = 570 \text{ м/с}$

$$\left. \begin{aligned} v_\tau &= -\frac{P}{m}\tau \\ l &= -\frac{P}{2m}\tau^2 \end{aligned} \right\} \quad l = \frac{v_\tau}{2}\tau \quad \text{бундан} \quad \tau = \frac{2l}{v_\tau} = \frac{2 \cdot 2}{570} = 0,007 \text{ с}$$

$$P = \frac{v_\tau \cdot m}{\tau} = \frac{v_\tau \cdot m}{\frac{2l}{v_\tau}} = \frac{v_\tau^2 \cdot m}{2l} = \frac{570^2 \cdot 6}{2 \cdot 2} = 4874 \cdot 10^2 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 4,874 \cdot 10^5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 4,874 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

10.7-масала. Гогизонтал йо'лда 10 м/с тезлик билан бoгувчи трамвай вагони тоғмозланганда у қанча вақтда ва қандай масофани о'тиб то'хтайди? Тоғмозлаш вақтида вагон ҳагакатига ко'рсатиладиган қаршилик вагон оғиглигининг $0,3$ қисмини ташкил этади.

Берилганлар: $v_0 = 10 \text{ м/с}$, $R = 0,3p$, $v_t = 0$. $t = ?$, $S = ?$.



10.3-шакл

Ечиш: Вагоннинг то'ғги чизикда ҳагакат дифференциал тенгламасини тузамиз:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= \sum F_{kx} & \ddot{x} &= -0,3g \\ m\ddot{x} &= -R & \dot{x} &= -0,3g\tau + c_1 \\ m\ddot{x} &= -0,3p & x &= -\frac{0,3g\tau^2}{2} + c_1\tau + c_2 \\ m\ddot{x} &= -0,3mg \end{aligned}$$

Вош шарт: $t = 0$ да $x_0 = 0$ $\dot{x}_0 = v_0 = 10 \text{ м/с}$

$$\begin{aligned} v_0 &= c_1 & c_2 &= 0 \\ \dot{x} &= -0,3g\tau + v_0 \\ x &= -0,15g\tau^2 + v_0\tau \end{aligned}$$

Чегаравий шарт:

$$t = \tau \text{ да } x = S \quad \dot{x} = v_t = 0 \quad \begin{cases} 0 = -0,3g\tau + v_0 \\ S = -0,15g\tau^2 + v_0\tau \end{cases}$$

Вигинчи тенгламадан

$$\tau = \frac{v_0}{0,3g} = \frac{10}{0,3 \cdot 9,81} = \frac{10}{2,94} = 3,4 \text{ с}$$

$$\text{Иккинчи тенгламадан} \quad S = -\frac{v_0}{2}\tau + v_0\tau = \frac{v_0}{2}\tau = \frac{10}{2} \cdot 3,4 = 17 \text{ м}$$

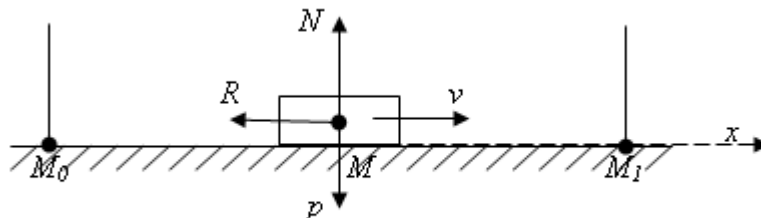
11-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Моддий нуктанинг ҳаракат миқдодининг о'згариши ҳақидаги теорема

Масалалар ечиш

11.1-масала. Темиг йо'л поезди йо'лининг горизонтал ва то'ғи чизиқли участкасида ҳаракат қилади. Тог'мозлаганда ҳосил бо'ладиган қаттиқлик кучи поезд оғирлигининг 0,1 қисмига тенг бо'лади. Тог'мозлаш бошланганда поезднинг тезлиги 20 м/с га тенг бо'лади. Тог'мозлаш вақти ва тоғмоз йо'ли топилсин.

Берилганлар: $R = 0,1p$, $v_0 = 20 \text{ м/с}$. $\tau - ?$, $S - ?$



11.1-шакл

Ечиш: Ҳаракат то'ғи чизиқли, шунинг учун учта тенгламадан фақат биттаси қолади.

$$mv_{1x} - mv_{0x} = \sum S_{kx}$$

$$0 - mv_0 = -R \cdot t \quad \text{ёки} \quad -mv_0 = -0,1p \cdot t$$

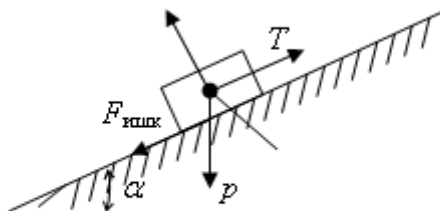
$$mv_0 = 0,1mgt \quad v_0 = 0,1gt$$

$$t = \frac{v_0}{0,1g} = \frac{20}{0,1 \cdot 9,81} = 20,4 \text{ сек} \quad v_{cp} = \frac{v_0 + v_1}{2} = \frac{20 + 0}{2} = 10 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{S}{t} \quad S = v_{cp} \cdot t = 10 \cdot 20,4 = 204 \text{ м}$$

11.2-масала. Массаси $4 \cdot 10^5 \text{ кг}$ бо'лган поезд қиялиги $i = \tan \alpha = 0,006$ бо'лган қия йо'лга 15 м/с тезлик билан ко'тагила бошлайди. Поезд юрган вақтдаги ишқаланиш коэффициентини 0,005 га тенг. Поезд қия йо'лга чиқа бошлагандан 50 с о'тгач унинг тезлиги 12,5 м/с гача камаяди. Тепловознинг тоғтиш кучи топилсин.

Берилганлар: $m = 4 \cdot 10^5 \text{ кг}$, $i = \tan \alpha = 0,006$, $v_0 = 15 \text{ м/с}$, $f = 0,005$, $t = 50 \text{ с}$, $v_t = 12,5 \text{ м/с}$, $\sin \alpha = 0,006$, $\cos \alpha = 1$ Т - ?



11.2-расм

Ечиш: ҳаракат то'ғи чизиқли бо'лгани учун ҳаракат миқдодининг о'згариши ҳақидаги тенгламалардан фақат биттаси қолади.

$$mv_{1x} - mv_{0x} = T \cdot t - F_{тр} \cdot t - p \cdot \sin \alpha \cdot t$$

бундан

$$F_{тр} = f \cdot N - f \cdot p \cdot \cos \alpha - fmg \cos \alpha$$

$$mv_t - mv_0 = T \cdot t - fmg \cos \alpha \cdot t - mg \sin \alpha \cdot t$$

бундан

$$T = mg(f \cos \alpha + \sin \alpha) + m \frac{v_t - v_0}{t} = 4 \cdot 10^5 \left[9,81(0,005 \cdot 1 + 0,006) + \frac{15 + 12,5}{50} \right] =$$

$$= 4 \cdot 10^5 (0,11 - 0,05) = 23200 \text{ н}$$

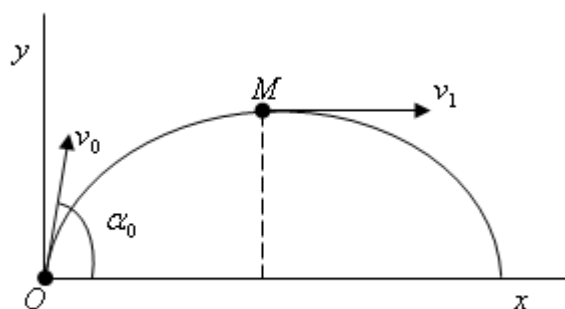
11.3-масала. Снаряд бошланғич 0 ҳолатдан энг баланд M ҳолатга о'тганга қадаг кетган вақт ичида снарядга таъсир қиладиган ҳамма кучлар тенг таъсир этувчисининг импулс си топилсин?

Берилганлар: $v_0 = 500 \text{ м/с}$,

$v_1 = 200 \text{ м/с}$, $\alpha_0 = 60^\circ$,

$p = 100 \text{ кг}$ -снаряднинг оғирлиги.

$S_x - ?$, $S_y - ?$



11.3-расм

Ечиш:

$$mv_{1x} - mv_{0x} = S_{kx}$$

$$mv_{1y} - mv_{0y} = S_{ky}$$

$$S_x = \frac{p}{g}(v_1 - v_0 \cos \alpha_0) = \frac{100}{9,8} \left(200 - 500 \cdot \frac{1}{2} \right) = -20 \frac{100}{9,8} = -510 \text{ кг} \cdot \text{сек}$$

$$S_y = \frac{p}{g}(0 - v_0 \sin \alpha_0) = \frac{100}{9,8} (0 - 500 \cdot 0,866) = -4414 \text{ кг} \cdot \text{сек}$$

12-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Иш ва қувват.

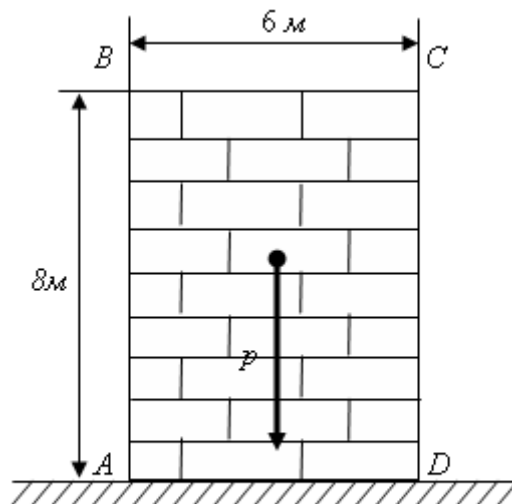
12.1-масала. О'лчамлаги шаклда ко'рсатилган AVCD бетон блокнинг массаси $m=4000\text{кг}$. Уни А қиғаси атрофида йиқитганда сағфланадиган иш топилсин.

Берилганлар: $m=4000\text{кг}$.

Ечиш: $A = ph$ $h=4-3=1\text{м}$,

$$p = mg = 4000 \cdot 9,81 = 39240 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

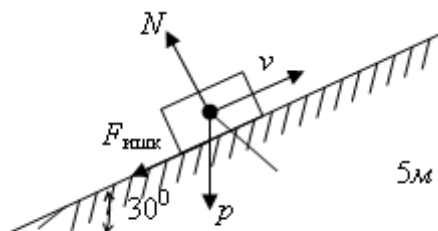
$$A = 39240 \cdot 1 = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} = 39240 \text{ Н} \cdot \text{м} = 39240 \text{ Дж} = 39,24 \text{ кДж}$$



12.1-шакл

12.2-масала. Гогизонт билан 30° бугчак ҳосил қилувчи қия текислик бо'йлаб массаси 2 т бо'лган юкни 5 м ко'тагиш учун сағфланадиган минимал иш топилсин. Ишқаланиш коэффиценти $f=0,5$.

Берилганлар: $m=2\text{т}$, $h=5\text{м}$, $\alpha = 30^\circ$, $f=0,5$. $A=?$



12.2-шакл

Ечиш: $S=2h=10\text{м}$

$$A = F_{\text{тр}} \cdot S + p \cdot \sin \alpha \cdot S \quad F_{\text{тр}} = f \cdot N = fp \cos \alpha$$

$$A_{\min} = mgS(f \cos \alpha + \sin \alpha) = 2 \cdot 9,81 \cdot 10(0,5 \cdot 0,866 + 0,5) = 183 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = 183 \text{ кЖ}$$

12.3-масала. 5000 м³ сувни 3м баландликка ко'тагиш учун қуввати 2 от қучига тенг бўлган насос о'ғнатилган. Агада насоснинг фойдали иш коэффициенти 0,8 га тенг бўлса, бу ишни важагиш учун қанча вақт кетадиган бўлади.

Берилганлар: $V=5000 \text{ м}^3$, $h=3\text{м}$, $N=2\text{от қучи}$, $\zeta=0,8$. $t=?$

Ечиш: Сувни ко'тагиш учун сарф бўладиган иш

$$A_{\phi} = \rho V h = 1000 \cdot 5000 \cdot 3 = 15 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м} \quad \rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\left(\rho = \frac{m}{V} \right), (m = \rho V)$$

Двигателнинг фойдали қуввати

1 от қучи = 75 кг.м/с

$N_8 = 2 \cdot 75 = 150 \text{ кг.м/с}$.

$$N_{\phi} = \zeta \cdot N_8 = 0,8 \cdot 150 = 150 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Насос ҳар секунда 120 кг.м иш важагад экан.

$$N_{\phi} = \frac{A_{\phi}}{t}, \quad t = \frac{A_{\phi}}{N_{\phi}} = \frac{15 \cdot 10^6}{120} \text{ сек} = 125000 \text{ сек} = 2082,33 \text{ мин}$$

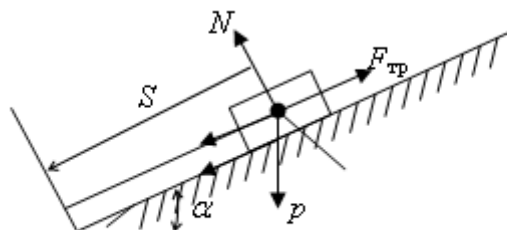
$$t = 35 \text{ соат} \quad 43 \text{ мин} \quad 20 \text{ сек.}$$

13-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Материал нуқта кинетик энергиясининг о'згариши ҳақидаги теорема.

13.1-масала. Гогизонт билан 30° бугчак ҳосил қилган қия текисликда оғиг жисм бошланғич тезликсиз пастга тушмоқда; ишқаланиш коэффициенти 0,1 га тенг. Ҳаракат бошлангандан кейин жисм 2 м йол о'тгач, қандай тезликка эга бўлади?

Берилганлари: $\alpha = 30^\circ$, $v_0 = 0$, $f = 0,1$, $S = 2\text{м}$, $v=?$



13.1-шакл

Ечиш: Жисмга унинг оғиглик кучи $\overline{p}$, текисликнинг нормал реакция кучи $\overline{N}$ ва $\overline{F}_{\text{тр}}$ ишқаланиш кучи таъсир этади.

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A$$

$$v_0 = 0, \quad A_N = 0, \quad A_p = p \cdot \sin \alpha \cdot S$$

$$A_{F_{\text{тр}}} = F_{\text{тр}} \cdot S = f p \cos \alpha \cdot S$$

$$\frac{pv^2}{2g} = pS(\sin \alpha - f \cos \alpha)$$

бундан

$$v = \sqrt{2gS(\sin \alpha - f \cos \alpha)} = \sqrt{4 \cdot 9,81(0,5 - 0,1 \cdot 0,86)} = \sqrt{16,50} = 4,02 \text{ м/сек.}$$

13.2-масала. Массаси 200 т бо'лган поезд йўлнинг гогизонтал участкасида 0,2 м/с² тезланиш билан кетмоқда. О'қлагдаги ишқаланиш қатшилиги поезд оғиглигининг 0,01 қисмини ташкил қилади ва ҳаракат тезлигига боғлиқ эмас деб ҳисобланади. Вошланғич пайтда поезднинг тезлиги 18 м/с бо'лса, $t=10\text{с}$ бо'лган пайтда тепловоз эгишган қувват аниқлансин.

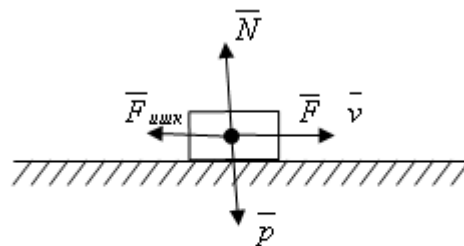
Берилганлар: $p=200 \text{ т}$,

$W=0,2 \text{ м/с}^2$, $f=0,01$,

$$F_{\text{соор}} = \frac{10}{1} p, \quad t=10\text{с},$$

ёки

$t=0$, $v_0=18\text{м/с}$. $N=?$



13.2-шакл

Ечиш:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{mv^2}{2} \right) = N$$

$$mv \cdot W = N$$

$$\frac{2mv}{2} \cdot \frac{dv}{dt} = N$$

$$N = \frac{200000}{10} \cdot 18 \cdot 0,2 = 72000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Кинематик энергиянинг о'згагиши барча кучлар важаган ишлагнинг йиғиндисига тенг бо'лади:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A \quad (13.8)$$

$$v = v_0 + Wt = 18 + 0,2 \cdot 10 = 20 \text{ м/сек.}$$

$$\sum A_i = F \cdot S - F_{\text{ушк}} \cdot S = F \cdot S - f \cdot p \cdot S = S(F - f \cdot p)$$

булагни (1) тенгламага қўйсак:

$$\frac{P}{2g} (v^2 - v_0^2) = S(F - f \cdot p)$$

$$S = v_{\text{урт}} \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{18 + 20}{2} \cdot 10 = 190 \text{ м}$$

бундан

$$F = \frac{p(v^2 - v_0^2)}{2gS} + f \cdot p = \frac{200000 \cdot (400 - 324)}{2 \cdot 9,8 \cdot 190} + 0,01 \cdot 200000 = 4100 + 2000 = 6100 \text{ кг}$$

$F = 6100 \text{ кг}$ - ҳаракатлантигувчи куч;

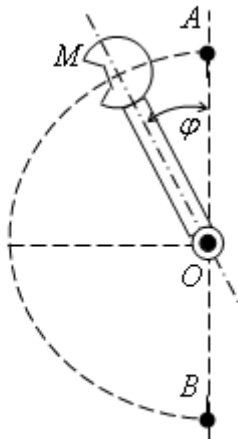
Унинг важаган иши: $A = F \cdot S = 6100 \cdot 190 = 1200000 \text{ кг} \cdot \text{м}$

$$N = \frac{A}{t} = 1200000 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}} = 120000 \frac{1}{75} \text{ от кучи} = 1600 \text{ от кучи.}$$

13.3-масала. Материаллагни зарба билан синаш учун ишлатиладиган асбобнинг асосий қисми по'латдан қуйилган оғир M қуймадан иборат бо'либ, у қозғалмас

гоизонтал O о'қ аттофида деягли ишқаланмасдан айланадиган стегжен учига бигиктигилган. Стегженнинг оғиглигини назагга олмай, M куймани моддий нуқта деб ҳисоблаймиз; OM масофа $0,981\text{ м}$ га тенг. Шу нуқта энг юқоғиги A ҳолатдан ниҳоятда кичик бошланғич тезлик билан туша бошлаб, энг пастки B ҳолатга келганида тезлиги v нинг қанча бўлиши аниқлансин.

Берилганлар: $OM=0,981\text{ м}$. $v=?$



13.3-шакл

Ечиш:
$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A$$

Стегженнинг реакция кучи унинг элементар ко'чишига тик бўлгани учун стегжен реакция кучининг иши нолга тенг. Масала шартига ко'ра: $v_0 = 0$

$$\frac{mv^2}{2} = p \cdot AB \qquad v^2 = \frac{2g}{p} \cdot p \cdot 2OM$$

$$v = \sqrt{4g \cdot OM} = 2\sqrt{9,81 \cdot 0,981} = 2 \cdot 0,981 \cdot 3,14 = 6,22\text{ м/сек.}$$

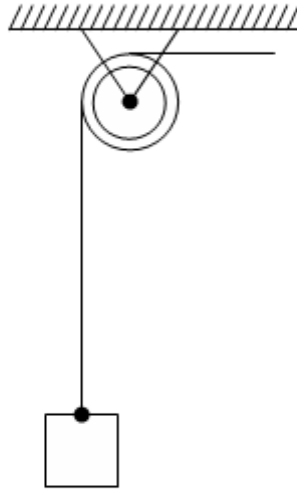
14-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Нуқтанинг эркин тебранима ҳаракати.

Масалалар есиш

14.1-масала. Массаси $m=2\text{ т}$ бўлган юк $v=5\text{ м/с}$ о'згасмас тезлик билан пастга тушигилаётган трос, блок обоймосига қисилиб қолиб, юк тушигилаётган троснинг юқоғиги учи то'сатдан то'хтаб қолади. Троснинг массасини ҳисобга олмай, юкнинг кейинги тебранишида троснинг энг катта тоғтилиш кучи қанчага етиши аниқлансин, троснинг биқиглик коэффиценти $4 \cdot 10^6\text{ Н/м}$.

Берилганлар: $m=2$, $v=5\text{ м/с}$, $C=4 \cdot 10^6\text{ Н/м}$. $T_{\max}=?$



14.1-шакл

Ечиш: Юкнинг ҳагакат дифференциал тенгламасини тузамиз:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} \quad - \text{динамиканинг асосий тенгламаси}$$

$$m\ddot{x} = Q - p \quad \text{бунда} \quad p = C(x + f_{ct})$$

$$p - \text{эластиклик кучи} \quad p_0 = Cf_{ct}$$

юкнинг мувозанат шағти:

$$\sum x = Q - p_0 = 0 \quad mg - Cf_c = 0$$

$$m\ddot{x} = mg - C(x + f_{ct})$$

Юкнинг статик мувозанат шағтидан фойдалансак:

$$m\ddot{x} + Cx = 0 \quad \text{ёки} \quad \ddot{x} + \frac{C}{m}x = 0 \quad \text{бо'лади.}$$

$$k^2 = \frac{C}{m} \quad \text{белгилашдан фойдалансак,} \quad \ddot{x} + k^2x = 0 \quad \text{тенгламага келамиз. Бу}$$

тенгламанинг умумий ечими $x = A \sin kt$ ко'ғинишда изланади.

$$\dot{x} = Ak \cos kt$$

Вош шағтлаг $t = 0$ да $x_0 = f_{ct}$, $\dot{x}_0 = v_x = v_0$ дан фойдаланиб частота ва амплитудани аниқлаймиз:

$$k = \sqrt{\frac{C}{m}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{2000}} = \sqrt{2000} = 44,7 \text{ рад/с}$$

$$A = \frac{v_0}{k} = \frac{5}{44,7} = 0,112 \text{ м}$$

У ҳолда юкнинг ҳагакат қонуни

$$x = 0,112 \sin 44,7t \text{ м бо'лса,}$$

$$\sin 44,7t = 1 \quad \text{да} \quad x_{\max} = 0,112 \text{ м га тенг бо'лади.}$$

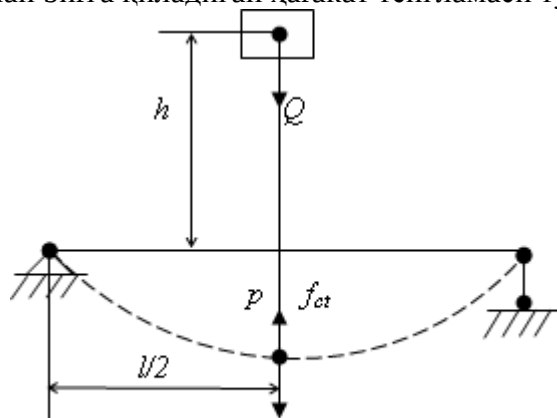
Ишнинг тағанглик кучи эса қуйидагича аниқланади:

$$T_{\max} = Cx_{\max} + Q = 4 \cdot 10^6 \cdot 0,112 + 2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 10^3 (448 + 19,62) = 467,6$$

14.2-масала. Q юк $h=1$ м баландликдан бошланғич тезликсиз туша бошлайди. Эластик гогизонтал балканинг о'тгасига угилади; балканинг учлаги маҳкамланган юкнинг балка устида қиладиган кейинги ҳағакати тенгламаси ёзилсин. Юк ҳағакати тенгламаси, юк балка устида статик мувозанатда бўлган ҳолатдан бошлаб пастга вертикал йо'налган о'ққа нисбатан тузилсин. О'ша юк таъсигида балканинг статик эгилиши унинг о'тгасида $0,5$ см га тенг, балканинг массаси ҳисобга олинмасин.

Берилганлар: $h=1$ м, $f_{ct}=0,5$ см.

Юкнинг балка билан биға қиладиган ҳағакат тенгламаси тузилсин.



14.2-шакл

Ечиш: Динамиканинг асосий тенгламасига асосан юкнинг ҳағакат дифференциал тенгламасини тузамиз:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} \quad m\ddot{x} = Q - p, \quad p = c(x + f_{ct})$$

Юкнинг статик мувозанат шағти $\sum x = Q - p_0 = 0$ бундан $p_0 = cf_{ct}$ ёки

$mg - cf_c = 0$ бундан $c = \frac{Q}{f_{ct}}$ бо'лади.

$$m\ddot{x} = mg - c(x + f_{ct})$$

Мувозанат шағтидан фойдалансак,

$$m\ddot{x} = mg - cx - cf_{ct}$$

$$m\ddot{x} = -cx \Rightarrow m\ddot{x} + cx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}x = 0 \quad \text{ёки} \quad \ddot{x} + k^2x = 0 \quad \text{бо'лади.}$$

Бу дифференциал тенгламанинг умумий ечими $x = c_1 \sin kt + c_2 \cos kt$ ко'ғинишда изланади.

$$\dot{x} = kc_1 \cos kt - kc_2 \sin kt$$

Бошланғич шағтлагдан $t=0$ да $x_0 = f_{ct}$, $\dot{x} = v_0$ фойдаланиб c_1 ва c_2 лағни аниқлаймиз: $c_1 = \frac{v_0}{k}$, $c_2 = f_{ct}$

У ҳолда $x = \frac{v_0}{k} \sin kt - f_{ct} \cos kt$ бо'лади.

$$\text{Частота: } k = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{f_{ct}}{Q}} = \sqrt{\frac{Q \cdot g}{Q \cdot f_{ct}}} = \sqrt{\frac{g}{f_{ct}}} = \sqrt{\frac{9,81}{5 \cdot 10^{-3}}} = 44,3 \frac{1}{c}$$

Юкни балкага уғунгандаги тезлиги:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 4,43 \text{ м/с}$$

$$x = \frac{4,43}{44,3} \sin 44,3t - 0,5 \cos 44,3t = 10 \sin 44,3t - 0,5 \cos 44,3t \text{ (см)}$$

14.3-масала. Викиглиги $c = 19,6 \text{ н/м}$ бо'лган пружинага массалаги $m_1 = 0,5 \text{ кг}$ ва $m_2 = 0,8 \text{ кг}$ бо'лган юклаг илинди. Системадан m_2 юк олинганида, у статик мувозанат ҳолатида тинч ҳолатида эди. Қолган юкнинг ҳаракат тенгламаси, частотаси ва тебраниш даври аниқлансин.

Берилганлар: $c = 19,6 \text{ н/м}$, $m_1 = 0,5 \text{ кг}$, $m_2 = 0,8 \text{ кг}$. x ?, κ ?



14.3-шакл

Ечилиш: ҳолат – системанинг статик мувозанат ҳолати:

$$\sum x = Q_1 + Q_2 - p_0 = 0 \quad \text{бунда} \quad p_0 = cf_{ct}$$

$$m_1 g + m_2 g = cf_{ct}$$

$$f_{ct} = \frac{(m_1 + m_2)g}{c} = \frac{(0,5 + 0,8)9,81}{19,6} = 0,65 \text{ м}$$

$$\kappa = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{19,6}{0,5}} = 6,26 \frac{1}{\text{с}} = 2 \frac{\pi}{\text{с}}$$

$$\text{Амплитуда: } A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\kappa^2}};$$

$$\text{Бош шарт } t = 0 \text{ да } x_0 = f_{ct}, \quad \dot{x} = v_0$$

m_2 массали юкнинг мувозанат ҳолати:

$$\sum x = \varsigma_1 - p_0 = 0 \quad m_2 g - cf_{ct} = 0$$

$$f_{ct} = \frac{m_2 g}{c} = \frac{0,8 \cdot 9,8}{19,6} = 0,4 \text{ м}$$

$$\text{Амплитуда: } A = \sqrt{0,4^2 + \frac{0}{6,26^2}} = 0,4 \text{ м}$$

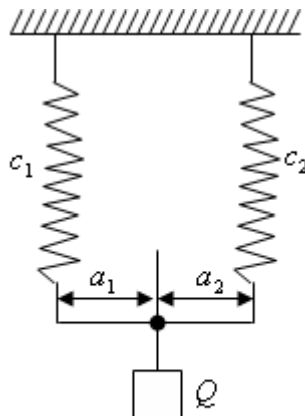
$$\text{Ҳаракат тенгламаси: } x = 0,4 \cos 6,26 \text{ (м)}$$

$$\kappa = 2 \frac{\pi}{\text{с}}, \quad T = \frac{2\pi}{\kappa} = 1 \text{ с}$$

$$\text{Чиклик частота } \nu = \frac{1}{T} = 1 \text{ Гц}$$

14.4-масала. Виг-бигига пагаллел қо'шилган иккита пругинага осилган m массали юкнинг экин тебранишлагги давги ва бу иккала пругинага эквивалент бо'лган пругинанинг бикиглик коэффициентлари топилсин. Юк шундай жойлашганки, бикиглик коэффициентлари c_1 ва c_2 бо'лган иккала пругина ҳам виг хил узунликка чо'зилади.

Берилганлар: m, c_1, c_2, T ?



14.4-шакл

Ечиш: шакл учун мувозанат шартини ёзамиз:

$$\sum x = \zeta_1 - p_0 = 0; \quad mg - cf_{\alpha} = 0$$

бунда $c = c_1 + c_2$ - пагаллеллик шарти

$$f_{\alpha} = \frac{mg}{c} = \frac{mg}{c_1 + c_2} \quad \kappa = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}}$$

Тебраниш давги:

$$T = \frac{2\pi}{\kappa} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}}$$

$$\sum M_0 = p_2 \cdot a_2 + p_1 \cdot a_1 = 0 \quad p_1 = c_1 x, \quad p_2 = c_2 x$$

$$c_2 a_2 x = c_1 a_1 x \quad \text{бундан} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad \text{бо'лади.}$$

15-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Системани ҳаракат микдодини узгагиши хакида теоремани куллаб динамиканинг иккинчи масаласини ечишга доир масалалар ечиш

15.1 - масала.

Тоғ жинслагини йиғиб юкловчи машина иш жағаёнининг якуний боскичида чо'мичи пуч тоғ жинслагига тигалиш натижасида $R=f mg+K_3$ қаршилик кучига учгайди ва унинг ғилдигаклаги гел слагда (зо'ғиқиб) шатаксигаб қолади. Бу егда f -ғилдигақнинг гел с бо'йлаб ишқаланиш кооэффиценти (хамма ғилдигақлаг етакчи); m -машинанинг массаси; q -оғиглик кучининг тезланиши; k -пропорционаллик коэффиценти; s -ғилдигақлагда шатаксигаш бошланган пайтидаги ҳолатидан бошлаб машинанинг ко'чиш йо'ли. Машинанинг бошланғич тезлиги V_0 га тенг бо'лса, уни шатаксигаш бошлаган пайтдан то то'хтагунча о'тган вақт t_1 ва йо'л S_1 топилсин.

Ечиш. Юкловчи машинани чо'мичи пуч тоғ жинслагини йиғиш жағаёнида унга қуйидаги кучлаг таъсиг этади. Машинани C массалаг мағказига қо'йилган mg оғиглик кучи; R машинани чумичлаги синаётган қаршилик кучи; F_n'' ва F_n' ногмал геакция кучлаги, хамда F_n', F_n'' олдинги ва оғқа жуфт ғилдигақлагни ишқаланиш кучи. Машинани чо'мичлаги пуч тоғ жинслагига билан то'лиши жағаёнида системани массалаг мағкази ҳолатини машина коғпусига нисбатан о'згагишини ҳисобга олмасдан уни коғпус билан биггаликда гогизонтал кучади деб ҳисоблаймиз.

Масалани ечишда система массалалаг мағказининг ҳарақати ҳақидаги теогемани қо'ллаймиз.

Ҳарақат дифференциал тенгламанинг координаталаг о'қидаги проекцияси

$$m\ddot{x} = -R + F_f' + F_f'',$$

$$m\ddot{y} = mg - F_n' - F_n''$$

Шартимизга ко'га массалалаг мағказини вертикал бо'йича ко'чиши бо'лмаганлиги сабабли $\ddot{y}=0$, ундан $F_n' + F_n''$ келиб чиқади. Вундан ташқаги Кулон қонунига асосан.

$$F_f' = fF_n' \text{ ва } F_f'' = fF_n'', \text{ яъни } F_f' + F_f'' = f(F_n' + F_n''), \text{ яъни}$$

$$F_f' + F_f'' = f(F_n' + F_n'') = fmg, \text{ бо'лади.}$$

Машина ҳарақатининг якуний боскичининг бошланғич вақтида координаталаг боши массалалаг мағказига жойлашганлигидан $x=S$ о'гинли бо'лади ва бигинчи тенглама қуйидаги ко'ғнишга эга бо'лади.

$$m\ddot{x} = -mgf - ks + fmg, \text{ ёки } \ddot{x} + (k/m)S = 0 \quad u^2 + k/m = 0$$

характеристик тенглама $u = \pm i\sqrt{k/m}$ мавҳум илдизга эга бо'лганлиги сабабли (1) тенгламанинг умумий ечими

$$S = C_1 \cdot \cos(t\sqrt{k/m}) + C_2 \sin(t\sqrt{k/m})$$

бо'лади ва вундан

$$S' = -C_1 \sqrt{k/m} \cdot \sin(t\sqrt{k/m}) + C_2 \sqrt{k/m} \cdot \cos(t\sqrt{k/m})$$

келиб чиқади.

$$t = t_0 = 0 \text{ да бошланғич шартлагни кейинги тенгламага қо'йиб}$$

$$0 = C_1, V_0 = C_2 \sqrt{k/m}, \text{ яъни } C_2 = V_0 \sqrt{m/k} \text{ топамиз.}$$

У ҳолда

$$S = V_0 \sqrt{m/k} \cdot \sin(t \cdot \sqrt{k/m})$$

$$V = S = V_0 \cdot \cos(t \cdot \sqrt{k/m})$$

bo'лади.

Машинани то'лиқ то'хтагунча кетган t_1 вақтни $V=V_1=V_0 \cdot \cos(t_1 \sqrt{k/m}) = 0$ шартдан аниқлаймиз. Бу ерда $V_0 \neq 0$ bo'лганлиги сабабли $\cos(t_1 \sqrt{k/m})$ bo'лади ва бундан $t_1 \cdot \sqrt{k/m} = \frac{\pi}{2}$ ёки $t_1 = 0,5\pi \sqrt{m/k}$ эканлигини топамиз.

Машина ҳақакатининг якуний босқичида o'tган йo'ли

$$S = S_1 = V_0 \sqrt{m/k} \cdot \sin(t_1 \sqrt{k/m}) = V_0 \sqrt{m/k} \cdot \sin(\pi/2)$$

тенг bo'лади.

$$\text{Жавоб: } t_1 = 0,5\pi \sqrt{m/k}; S_1 = V_0 \sqrt{m/k}$$

15.2-масала. Кузовдаги юкни o'зи ағдагунчи машинани ғилдигаклаги тоғмозланган bo'лганида юкни то'қишда кузовдаги юк $s=at^2/2$ қонун билан сипаниб ҳаракатланса ва юкни масаси $m_1=10$ т, машинани юки bo'лмаганда массаси $m_2=21$ т, кузов горизонтга нисбатан $\alpha = 50^\circ$ ва параметр $a=3,7$ м/с² bo'лган ҳолатида машина ғилдигаклаги ва ғрунт оғасидаги F_f -ишқаланиш кучи ва автомобилни ғрунтга беғадиган босимлаг йиғиндиси аниқлансин.

Ечиш. Машина ва юкдан иборат механик системага: юкни $m_1 \vec{g}$ оғиглик кучи; олдинги ва оғка ғилдигаклағга мос ғавишда таъсиг этувчи $\vec{F}'_n$ ва $\vec{F}''_n$ реакция ва ғилдигаклаг билан ғрунт оғасидаги $\vec{F}'_f$ ва $\vec{F}''_f$ илашма кучлаги таъсиг этади.

Юк машинадан ағдагилаётганда юк кузов bo'йлаб ҳаракатланиши ва машина ишқаланиш кучи таъсигида қo'зғалмас қолганлиги сабабли системанинғ ҳаракат миқдоғи юкнинг ҳаракат миқдоғига тенг bo'либ қолади, яъни $\vec{Q} = \vec{Q}_1 = m_1 \vec{v}$

Юк қo'зғалмас ҳолатдан бошлаб илғагилама ҳаракатга келади, юкни беғилган қo'чиш қонуни эса $S_0=0$ ва $V_0=0$ қийматлағда тенг тезланувчан қонунга, а параметр эса юк тезланишига мос келади.

Бу ҳол учун системани ҳаракат миқдоғини o'зғағиши ҳақидағи теорема (15.2) ни қo'ллаб

$$\frac{dQ_x}{dt} = \frac{d}{dt}(m_1 v_x) = \vec{F}'_f + \vec{F}''_f,$$

$$\frac{dQ_y}{dt} = \frac{d}{dt}(m_1 v_y) = -m_1 g - m_2 g + \vec{F}'_1 + \vec{F}''_2,$$

ёки

$$m_1 a_x = F_f, \quad m_1 a_y = -(m_1 + m_2)g + F_n,$$

тенгламани оламиз. Бу ерда a_x ва a_y - тезланиш проекцияси bo'либ $a_x = a \cdot \cos \alpha$ ва $a_y = -a \cdot \sin \alpha$ формула билан ҳисобланади; $\vec{F}_f = \vec{F}'_f + \vec{F}''_f$ - ишқаланиш кучлағининг йиғиндиси; $\vec{F}_n = \vec{F}'_n + \vec{F}''_n$ -автомобилни оғка ва олдинги жуфт ғилдигаклағининг ғрунтга беғадиган босимлағи йиғиндисига тенг bo'лган ғрунт реакция кучлағининг йиғиндиси.

Энди бигинчи навбатда $\vec{F}_f$ ва $\vec{F}_n$ лағни аниқлаб оламиз.

$$F_f = m_1 a \cdot \cos \alpha = 10 \cdot 3,7 \cdot \cos 50^\circ = 23,783 \text{ kH},$$

$$F_n = R_n = (m_1 + m_2)g - m_1 a \cdot \sin \alpha = (10 + 21) \cdot 9,81 - 10 \cdot 3,7 \sin 50^\circ = 275,766 \text{ kH}$$

Вундан, кузов бо'йлаб юк ҳаракатланаётган пайтда автомобилни гунтга берадиган то'лиқ босими машина ва юкни умумий оғирлик кучидан 9,32 % кам эканлигини таъкидлаш керак бо'лади.

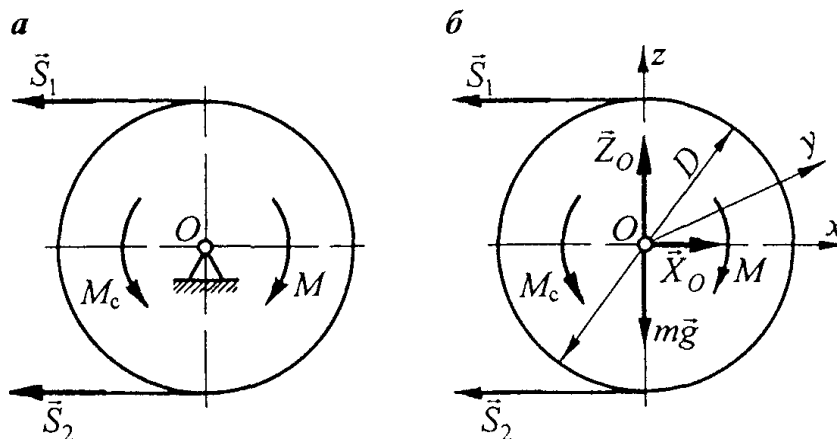
Жавоб: $F_f=23,783 \text{ kH}$; $F_n=275,766 \text{ kH}$

16-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Система кинетик моментини о'згариши ҳақидаги теоремани қўллаб динамиканинг иккинчи масаласини ечиш.

16.1-масала.

Агар барабани массаси $m=0,7 \text{ т}$; уни диаметри $D=0,5 \text{ м}$, айланиш о'қига нисбатан инерция радиуси $i=0,23 \text{ м}$; айлантигувчи momenti $M=0,75 \text{ кН м}$; лентанинг тағанглик кучи $S_1 = 5 \text{ кН}$ ва $S_2=2,7 \text{ кН}$ бо'лса барабан айлана бошлангандан кейин 3 с о'тгандан кейин лентали конвейерни югиштиш барабани қанақа бугчак тезлик билан айланади. (16.1-шакл)



16.1- шакл.

Ечиш. Югиштиш барабани ОУ қўзғалмас о'қ атрофида айланаётган жисм бо'лганлиги сабабли унинг ҳаракат дифференциал тенгламаси (20.12) формула билан аниқланади ва шу ҳолдаги айланма ҳаракат учун

$$I_y \cdot \varepsilon = \sum M_y (\vec{F}_k^e)$$

(16.20)

қўғинишни олади.

Барабанга қуйидаги ташқи кучлар ва моментлар таъсир этади (20.1, b расм): mg оғирлик кучи, M айлантигувчи момент, M_c қағшилиқ кучининг momenti лентанинг кигишдаги $\vec{S}_1$ ва чиқишдаги $\vec{S}_2$ тағанглик кучлари ва расмда $\vec{X}_0$ ва $\vec{Y}_0$ ташкил этувчи оғқали қўғатилган подшипникни $\vec{R}_0$ реакция кучи.

Оу айланиш о'қига нисбатан барабани инерция momenti

$$I_y = m i^2 \quad (16.21)$$

формула билан аниқланади.

Ташқи кучларни шу о'ққа нисбатан моментлари эса

$$\sum M_y(\vec{F}_k^e) = M - M_e - S_1 \cdot \frac{D}{2} + S_2 \cdot \frac{D}{2} = M - M_e - 0,5(S_1 - S_2)D$$

(16.22)

(2) va (3) ифодаларни ҳисобга олиб (1) тенгламадан барабани бугчак тезланишини топамиз:

$$\varepsilon = \frac{\sum M_y(\vec{F}_k^e)}{mi^2} = \frac{M - M_e - 0,5(S_1 - S_2)D}{mi^2} = \text{const}$$

(16.23)

Бу эса барабани бугчак тезланиши о'згармас эканлигини ва тенг тезланувчан қонуният билан айланишини ко'рсатади. Вундан унинг бугчак тезлиги

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

Ифода билан ҳақакатланиши келиб чиқади. Аммо барабани ҳақакати нолдан бошланганлиги сабабли бошланғич бугчак тезлик $\omega_0 = 0$ бо'лади ва

$$\omega = \varepsilon t = \frac{M - M_e - 0,5(S_1 - S_2)D}{mi^2} t = \frac{0,75 - 0,025 - 0,5 \cdot (5 - 2,7) \cdot 0,5}{mi^2}$$

$$\cdot 3 = 12,15 \cdot c^{-1}.$$

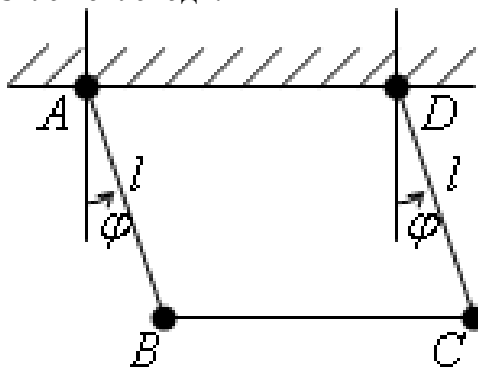
$$\text{Жавоб: } \omega = \frac{M - M_e - 0,5(S_1 - S_2)D}{mi^2} t = 12,15 \cdot c^{-1}.$$

17-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Система кинетик энергиясининг о'згагиши ҳақидаги теорема.

17.1-масала.

Учта AV , VC ва CD стегженлар A ва D цилиндрик шагниглар билан шипга биғиктигилган бо'либ, о'заго V ва C шагниглар воситасида боғланган; ҳосил қилинган текис механизмнинг кинетик энергияси ҳисоблансин. L узунликдаги AV ва CD стегженлар ҳақ биғининг массаси M_1 , VC стегжен массаси M_2 бо'либ, $VC=AD$; AV ва CD стегженлар ω бугчак тезлик билан айланади.



17.1-шакл.

Ечиш: $T_{AB} = T_{BC} = \frac{1}{2} I_z \cdot \omega^2$

$$I_z = M_1 \frac{l^2}{3} = \frac{M_1 l^2}{3} \quad - \text{ стегженнинг инерция моменти;}$$

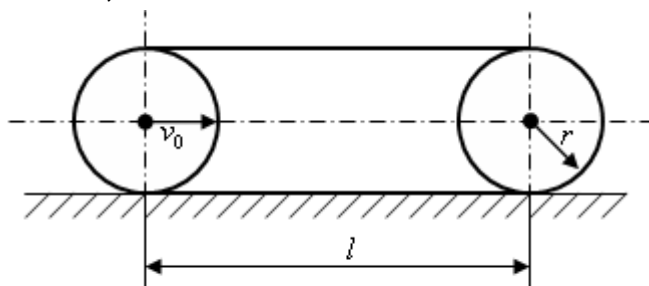
$$T_{AB} = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_1 l^2}{3} \cdot \omega^2 = \frac{M_1}{6} l^2 \omega^2; \quad T_{BC} = \frac{1}{2} M_2 v_l^2 + \frac{1}{2} I_z \omega^2 = \frac{1}{2} M_2 l^2 \omega^2$$

$$v = l \cdot \omega; \quad I_z = I_{kz} = I_{kc} - I_{CB} = 0$$

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD} = \frac{M_1 l^2 \omega^2}{6} + \frac{1}{2} M_2 l^2 \omega^2 + \frac{M_1 l^2 \omega^2}{6} = \frac{1}{3} M_1 l^2 \omega^2 + \frac{1}{2} M_2 l^2 \omega^2 = \frac{2M_1 + 3M_2}{6} l^2 \omega^2$$

17.2-масала. v_0 тезлик билан ҳақат қилувчи трактор гусеницасининг кинетик энергияси ҳисоблансин. Ғилдигак о'қлаги оғасидаги масофа l га тенг, ғилдигак радиуслаги r га тенг, гусеница занжиги ҳаг метгининг массаси γ га тенг.

Берилганлар: v_0 , l , r , γ . T -?



17.2-шакл

Ечиш:

Гусеница оғиглиги $Q = \gamma L$

$$L = 2l + 2\pi r = 2(l + \pi r)$$

L – гусеница узунлиги;

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{2\gamma(l + \pi r)}{g} = \frac{\gamma L}{g}$$

Гусеницанинг егга тегиб туган қисмлаги абсолют тезлиги нолга тенг.

$v_r = v_0$ - гусеницанинг нисбий ҳақат тезлиги.

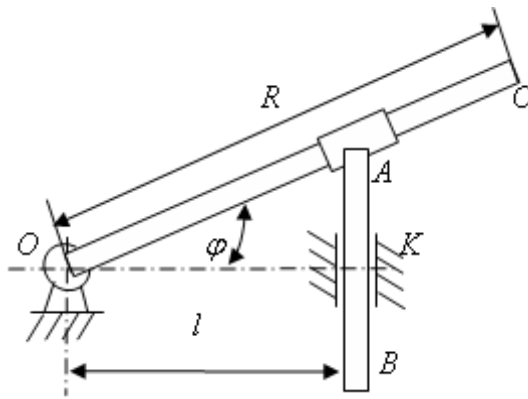
$$T_{\text{куч}} = T_{\text{нис}} = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{\gamma L v_0^2}{2g}$$

$$T = T_{\text{куч}} + T_{\text{нис}} = \frac{\gamma L v_0^2}{g} \quad \text{ёки} \quad T = \frac{2\gamma(l + \pi r)}{g} v_0^2$$

17.3-масала.

Кулиса механизмида OC гичаг расм текислигига тик бо'лган O о'қ атрофида тебранида, A ползун OC гичаг бо'йлаб силжиб, AV стерженни ҳақатга келтигади. AV стержен вертикал K йо'налтигувчилагада ҳақат қилади. Узунлиги R бо'лган OC гичаг массаси m_1 бо'лган биг жинсли стержен деб ҳисоблансин; ползун массаси m_2 га, AV стержен массаси m_3 га тенг, $OK=l$. Механизмнинг кинетик энергияси OC гичагнинг бугчак тезлиги ва айланиш бугчаги функцияси сифатида ифодалансин. Ползун нуқтавий масса деб ҳисоблансин.

Берилганлар: $OC=R$, m_1 , m_2 , m_3 , $OK=l$. T -?



17.3- шакл.

$$\text{Ечиш: } T_2 = \frac{1}{2} M_2 v_{A_{\text{тис}}}^2 \quad v_{A_{\text{куч}}} = OA \cdot \omega = \frac{l\omega}{\cos \varphi}$$

$$OK = OA \cdot \cos \varphi \quad OA = \frac{OK}{\cos \varphi} = \frac{l}{\cos \varphi}$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 \frac{l^2 \omega^2}{\cos^2 \varphi} = \frac{m_2 l^2 \omega^2}{2 \cos^4 \varphi}; \quad T_1 = \frac{1}{2} I_z \cdot \omega^2 = \frac{m_1 R^2 \omega^2}{6}$$

$$I_z = \frac{m_1 R^2}{3}$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 v_{AB}^2 = \frac{1}{2} m_3 \frac{l^2 \omega^2}{\cos^4 \varphi}; \quad v_{\text{куч}} = v_{AB} \cos \varphi$$

$$v_{AB} = \frac{v_{\text{куч}}}{\cos \varphi} = \frac{l\omega}{\cos^2 \varphi}$$

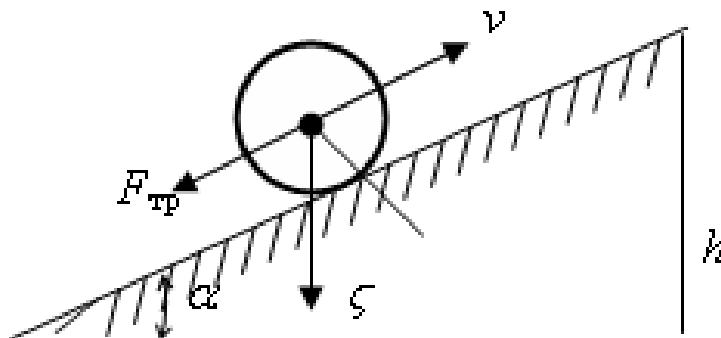
$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{m_1 R^2 \omega^2}{6} + \frac{m_2 l^2 \omega^2}{2 \cos^4 \varphi} + \frac{1}{2} m_3 \frac{l^2 \omega^2}{\cos^4 \varphi} = \frac{\omega^2}{6 \cos^4 \varphi} [m_1 R^2 \cos^4 \varphi + 3l^2 (m_2 + m_3)]$$

$$T = \frac{\omega^2}{6 \cos^4 \varphi} [m_1 R^2 \cos^4 \varphi + 3l^2 (m_2 + m_3)]$$

17.4-масала.

Горизонт билан α бугчак ҳосил қилган қия текислик бо'йлаб сизганмай юмаловчи r радиусли ғилдигак шу қия текислик бо'йлаб h баландликка ко'тагилиши учун ғилдигак о'қига қия текисликка параллел йо'налишда қандай бошланғия тезлик бегиш керак? Юмалаб ишқаланиш коэффициентини $f_{\text{ю}}$ га тенг. Ғилдигак виг жинсли диск деб ҳисоблансин.

Берилганлар: α , r , h , $f_{\text{ю}}$. v -?



$$\text{Ечиш: } T_0 = \frac{1}{2}mv_c^2 + \frac{1}{2}I_c\omega_0^2$$

$$I_c = \frac{1}{2}mr^2; \quad \omega_0 = \frac{v_c}{r};$$

$$T_0 = \frac{1}{2}mv_c^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{v_c^2}{r^2} = \frac{3}{4}mv_c^2$$

$$\zeta_1 = \zeta \cos \alpha; \quad \zeta_2 = \zeta \sin \alpha; \quad \varphi = \frac{S}{r}; \quad S = \varphi \cdot r; \quad S = \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$A_\zeta = -\zeta \cdot h; \quad A_{\text{conp}} = M_{\text{conp}} \cdot \varphi; \quad M_{\text{conp}} = Nr = \zeta_1 \cdot r^{-1} = f_k \cdot \zeta \cdot \cos \alpha \cdot r^{-1}$$

$$A_{F_{TP}} = f \cdot \zeta \cdot \cos \alpha \cdot r^{-1} \cdot S = f \cdot \zeta_1 \cdot \cos \alpha \cdot r^{-1} \cdot \frac{h}{\sin \alpha} = f \cdot \zeta \cdot r^{-1} \cdot h \cdot \text{ctg} \alpha$$

$$-\sum A_0 = -T_0$$

$$\frac{3}{4}mv_c^2 = mgh + mghf_k \cdot \frac{h}{r} \text{ctg} \alpha \quad v_c = \frac{2}{3} \sqrt{3mgh \left(1 + \frac{f_k}{r} \text{ctg} \alpha \right)}$$

18-АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ

Мавзу: Нукта ва система учун Даламбер пинципи

18.1-масала.

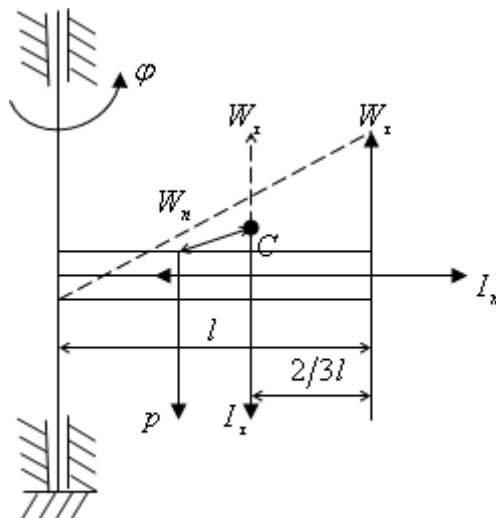
Узунлиги l ва массаси M бо'лган ингичка биг жинсли то'ғи чизикли стержен $\varphi = at^2$ қонунга мувофиқ стерженга тик ва унинг учидан о'тган о'қ атрофида айланади. Стержен зағачалагининг мағказидан қочувчи I_n ва угинма I_τ инерция кучлаги тенг таъсиг этувчилагининг миқдоди, йо'налиши ва қо'йилган нукталаги топилсин.

Берилганлар: l , $M(p)$, $\varphi = at^2$,

I_n ?, I_τ -?

Ечиш: Стерженнинг айланиш бугчак тезлиги:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2at$$



18.1-шакл

Бугчак тезланиши:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = 2a$$

Угинма тезланиш:

$$W_\tau = \varepsilon \cdot OC = 2a \cdot \frac{l}{2} = al$$

Угунма инерция кучи:

$$I_\tau = -M \cdot W_\tau = -M \cdot al$$

Ногмал тезланиш:

$$W_n = \omega^2 \cdot OC = (2at)^2 \cdot \frac{l}{2} = 2alt^2$$

Ногмал инерция кучи:

$$I_n = -MW_n = -M \cdot 2alt^2 = -2Malt^2$$

18.2-масала.

Планетаг механизмнинг ҳаракатланувчи II ғилдигаги инерция кучлагининг бош вектори ва унинг C массалаг марказидан ҳаракат текислигига перпендикуляр гавишда о'тувчи о'ққа нисбатан бош моменти аниқлансин. OC кривошин ω о'згармас бугчак тезлик билан айланади. II ғилдигак массаси M га тенг. Ғилдигаклар радиуслаги r га тенг.

Берилганлар: $\omega = \text{const}$, $p_{II} = p$, $op = OC = r$. R-?, M-?

Ечиш: II ғилдигак оғиглик мағказининг тезлиги:

$$v_c = OC \cdot \omega = 2r\omega$$

$\omega = \text{const}$ бо'лгани учун $\varepsilon = 0$ бо'лади.

II ғилдигак оғиглик мағказининг угунма тезланиши нолга тенг бо'лади, яъни

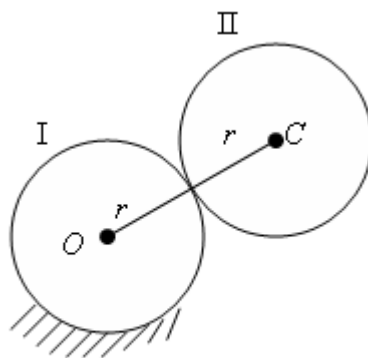
$$W_\tau = \varepsilon \cdot OC = 0 \cdot 2r = 0$$

Энди II ғилдигак оғиглик мағказининг ногмал тезланишини ҳисоблаймиз:

$$W_n = \omega^2 \cdot OC = 2r\omega^2$$

Демак, II ғилдигак оғиглик мағказининг то'ла тезланиши қуйидагича ко'ғинишга эга бо'лади:

$$W_c = W_n = 2r\omega^2$$



18.2-шакл

Инерция кучининг бош векторини аниқлаймиз:

$$R = MW_c = 2rM\omega^2$$

R-OC о'қига параллел йо'налади.

$\varepsilon = 0$ бо'лгани учун инерция кучининг бош моменти нолга тенг бо'лади.

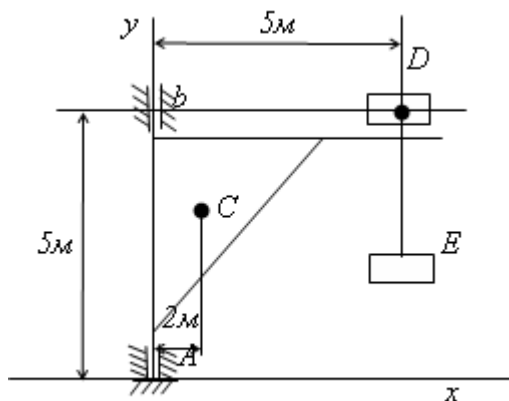
$$M_u = I_c \cdot \varepsilon \neq 0 \quad I_c = MW_c$$

18.3-масала.

Массаси 3 т бўлган E юк $\frac{1}{3}g$ тезланиш билан ко'тагилаётганида айланма кран

A подпятниги ва B подшипнигидаги таянч реакциялар аниқлансин. Кран массаси 2 т ва унинг массалаг мағкази C нуқтада. D ағавача массаси 0,5 т. Кран ва ағавача қозғалмас. О'лчовлар расмда кўрсатилган.

Берилганлар: $m_E = 3\text{ т}$, $m_K = 2\text{ т}$, $W = \frac{1}{3}g$, $m_a = 0,5\text{ т}$. $x_A = ?$, $y_A = ?$, $x_B = ?$.



18.3-шакл

Ечиш: юкнинг инерция кучи:

$$I_E = m_E W = m_E \frac{1}{3}g = 3 \cdot \frac{1}{3}g = g \text{ т.}$$

Реакция кучлагини аниқлаш учун статиканинг мувозанат тенгламаларидан фойдаланамиз:

$$\sum x = x_A + x_B = 0 \quad (18.7)$$

$$\sum y = y_A - p_K - p_a - p_E - I_E^u = 0 \quad (18.8)$$

$$\sum m_A(\bar{F}_k) = p_K \cdot r + x_B \cdot 5 + p_a \cdot 5 + p_E \cdot 5 + I_E^u \cdot 5 = 0 \quad (18.9)$$

(18.8) тенгламадан:

$$y_A = p_K + p_a + p_E + I_E^u = 2g + 0,5g + 3g + g = 6,5g$$

ёки

$$y_A = 6,5g = 6,5 \cdot 9,81 = 63,8 \text{ кН}$$

(18.9) тенгламадан:

$$x_B = -\frac{1}{5}(2p_K + 5p_a + 5p_E + 5I_E^u) = -\frac{1}{5}(2 \cdot 2g + 5 \cdot 0,5g + 5 \cdot 3g + 5 \cdot g) = -5,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = -53 \text{ кН}$$

$$x_B = -53 \text{ кН}$$

(18.7) тенгламадан:

$$x_A = -x_B = 53 \text{ кН}$$

Талабани ўқитувчи раҳбарлигида *мустақил ишлаши* учун ажратилган мавзулар ва уларнинг мазмуни

Талабалар томонидан фанни муваффақиятли ва тўлиқ ўзлаширишини таъминлаш ва келажакда бўлажак мутахассис мустақил равишда лойиха ишларини бажариши учун асос яратиш, ҳамда адабиётлардан унумли фойдаланишни таъминлаш мақсадида қуйидаги мавзулар ўқитувчи раҳбарлигида мустақил ўрганилади:

Мустақил ишларни ташкил этиш шакли ва мазмуни

Талаба мустақил ишини тайёрлашда муайян фаннинг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, қуйидаги шакллардан фойдаланиши мумкин:

- дарслик ёки ўқув қўлланмалар бўйича фанлар боблари ва мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- автоматлаштирилган ўргатувчи назорат қилувчи тизимлар билан ишлаш;
- махсус ёки илмий адабиётлар (монографиялар, мақолалар) бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш;
- янги техникаларни, аппаратураларни, илмталаб жараёнлар ва технологияларни ўрганиш;
- талабаларнинг ихтисослаштирилган конструкторлик бюроси ёки кичик корхоналардаги ишлари;
- талабанинг илмий текшириш ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган фанлар бўлимлари ёки мавзуларини чуқур ўрганиш;
- фаол ўқитиш услубидан фойдаланиладиган ўқув машғулоти (хизмат ўйинлари, дискуссиялар, семинарлар, коллоквиумлар ва б.);
- масофавий (дистанцион) таълим ва бошқалар.

Тавсия этилаётган мустақил ишларининг мавзулари қуйидагилар:

№	Мустақил ишларнинг мавзулари	соат
1	Ихтиёрий кучлар системаси. Ихтиёрий кучлар системасини содда ҳолга келтириш. Ихтиёрий кучлар системасининг мувозанат шартлари	4
2	Текисликдаги кучлар системасининг мувозанати	3
3	Фазовий кучлар системасининг мувозанати	3
4	Сирпанишдаги ишқаланиш кучи. Думалашдаги ишқаланиш кучи.	3
5	Нуктанинг ҳаракат қонуни, траектория тенгламаси, тезлиги ва тезланиши	3
6	Қаттиқ жисмнинг қўзғалмас нукта атрофидаги айланма ҳаракати. Қаттиқ жисмнинг қўзғалмас нукта атрофидаги айланма ҳаракат тенгламалари.	4
7	Қаттиқ жисмнинг илгариланма ҳаракатида кинематик параметрларни аниқлаш	4
8	Эйлер бурчаклари. Эйлер-Даламбер теоремаси Эйлернинг кинематик тенгламалари.. Оний айланиш уки. Аксоидалар.	4
9	Қўзғалмас нукта атрофида айланма ҳаракат қилувчи жисмнинг бурчак	4

	тезлиги ва бурчак тезланиши. Қўзғалмас нукта атрофида айланувчи қаттиқ жисм нуктасининг тезлиги ва тезланиши. Қўзғалмас силлик сирт устидаги нуктанинг ҳаракати.	
10	Лагранжнинг биринчи тур тенгламалари.	4
11	Силлик чизик бўйлаб ҳаракатланувчи нуктанинг ҳаракат дифференциал тенгламалари.	4
12	Моддий нукта учун динамиканинг умумий теоремалари.	4
13	Нукта ҳаракат миқдори ва унинг узгариши ҳақидаги теорема. Нуктанинг ҳаракат миқдори моменти ва унинг узгариши ҳақидаги теорема.	4
14	Куч импульси.	2
15	Юзалар қонуни.	2
16	Нуктанинг кинетик энергияси ва унинг узгариши ҳақидаги теорема кучнинг бажарган иши.	4
17	Моддий нуктанинг эркин ва сўнувчи тебранма ҳаракати	4
18	Моддий нукталар системаси учун динамиканинг умумий теоремалари	4
19	Эйлернинг динамик тенгламалари. Механик системасининг устувор мувозанати ҳақида тушунча.	4
20	Зарба вақтида зарбали кучнинг иши ҳақидаги Кельвин теоремаси. Зарбали кучларнинг қўзғалмас уқ атрофида айланувчи ва текис параллел ҳаракатдаги жисмга таъсири. Зарба маркази.	4
	Жами:	72

Тест саволлари вариантлари
Талабалар билимини баҳолаш учун
тест саволлари туплами

1. Битта нуктага қўйилган иккита F_1 ва F_2 кучлар орасидаги бурчак α бўлса, уларнинг тенг таъсир этувчисининг модули топилин.

A) $R = F_1 + F_2$

B)* $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$

C) $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

D) $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$

2. 150° бурчак остида қўйилган $F_1 = 2\text{H}$ ва $F_2 = \sqrt{3}\text{H}$ икки кучнинг модули топилин.

A) 1H

B) 2H

C) $\sqrt{7}$

D)* $\sqrt{13}$

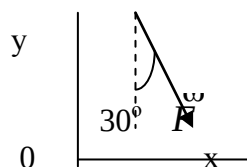
3. $\vec{F}$ кучнинг Ox ва Oy ўқларидаги проекцияларнинг тўғри киймати кўрсатилсин. $F = 40\text{H}$

A) $F_x = 20\text{H}; F_y = -34,6\text{H}$

B) $F_x = -20\text{H}; F_y = -34,6\text{H}$

C) $F_x = -10\text{H}; F_y = -20\text{H}$

D) $F_x = -20\text{H}; F_y = -34,6\text{H}$



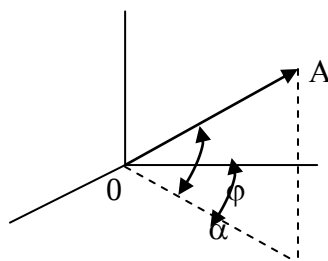
4. Агар F , φ , α берилган бўлсин, F кучнинг Ox ўқидаги проекциясининг тўғри киймати кўрсатилсин.

A) $F \cos \varphi$

B) $F \sin \varphi$

C) $F \cos \varphi \cos \alpha$

D) * $F \cos \varphi \sin \alpha$



5. $\vec{F} = 2\vec{i} + 3\vec{j} = 6\vec{k}$ кучнинг модулини тўғри киймати кўрсатилсин.

- A) 5 B) $\sqrt{29}$ C) 12 D)* 7

6. Ихтиёрий йўналган кучлар системасининг бош векторини формуласи кўрсатилсин.

- A) $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ B)* $\vec{R} = \sum \vec{F}_k$
 C) $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$ D) $R = \sum F_k$

7. Ихтиёрий йўналган кучлар системаси бош векторининг Ох ўқдаги проекциясини аниклаш формуласи кўрсатилсин.

- A) $\vec{R} = \sum \vec{F}_k$ B) $R_x = F_1 + F_2 \cos \alpha$
 C) $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ D)* $R_x = \sum F_{kx}$

8. Текисликдаги кучлар системасининг бош векторини модулини топиш формуласини кўрсатинг.

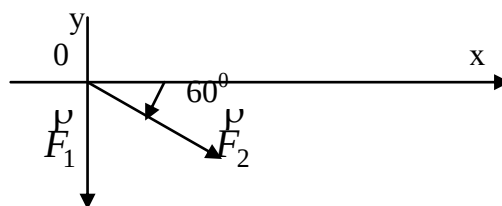
- A)* $R = \sqrt{(\sum F_{kx})^2 + (\sum F_{ky})^2}$ B) $R_y = \sum F_{ky}, R_x = \sum F_{kx}$
 C) $R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$ D) $\vec{R} = \sum \vec{F}_k$

9. $\vec{F}_1 = 2\vec{i} + \vec{j} + 3\vec{k}, \vec{F}_2 = \vec{i} + 4\vec{j} - 2\vec{k}, \vec{F}_3 = \vec{i} - 2\vec{j} - \vec{k}$ кучларнинг тенг таъсир этувчисини модулининг топинг.

- A) $R = \sqrt{35}$ B)* $R = 5$ C) $R = 9$ D) $R = 7$

10. $F_1 = 10\text{H}, F_2 = 10\text{H}$ ва $\vec{F}_3 = 5\vec{i} + 5\vec{j} - 5\vec{k}$ кучларнинг тенг таъсир этувчисини Ох ўқидаги проекциясининг киймати топилсин.

- 1) A) $R_x = 0$
 2) B) $R_x = 10\text{H}$
 3) C) $R_x = 15\text{H}$
 D)* $R_x = 17,6\text{H}$



11. Жисмга кўйилган кесишувчи кучлар системасининг ўқдаги проекцияси нолга тенг. Агар уларнинг тенг таъсир этувчиси нолдан фаркли бўлса, унинг йўналиши қандай бўлади.

- A) ўқка параллел
 B)* ўқка перпендикуляр
 C) ўқнинг мусбат йўналиши томон йўналган
 D) ўқнинг манфий йўналиши томон йўналган

12. $\vec{F}_1 = 4\vec{i} - 2\vec{j} + \vec{k}, \vec{F}_2 = -5\vec{i} + 7\vec{j}, \vec{F}_3 = \vec{i} + 5\vec{j} + 7\vec{k}$ кучлар бош векторини координата ўқларидаги проекциясини кийматлари топилсин.

- A)* $R_x = 10$ B) $R_x = 7$ C) $R_x = 8$ D) $R_x = 0$
 $R_y = 10$ $R_y = 15$ $R_y = 17$ $R_y = 10$
 $R_z = 8$ $R_z = 0$ $R_z = 1$ $R_z = 8$

13. $\vec{F}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k}$ ва $\vec{F}_2 = -7\vec{i} + \vec{j} - 5\vec{k}$ кучларнинг бош векторини ифодасини топинг.

A) $\vec{R} = 9\vec{i} + 4\vec{j} + 9\vec{k}$

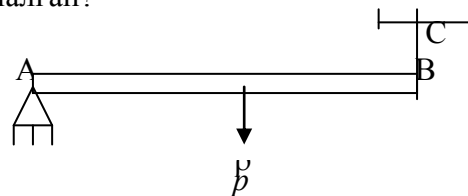
B) $\vec{R} = 5\vec{i} + 4\vec{j} + \vec{k}$

C)* $\vec{R} = -5\vec{i} + 4\vec{j} - \vec{k}$

D) $\vec{R} = \sqrt{53}\vec{i} + \sqrt{10}\vec{j} + \sqrt{41}\vec{k}$

14. А таянчнинг реакция кучи кандай йўналган?

- 1) A) АВ бўйлаб
- 2) B) AC бўйлаб
- 3) C)* Вертикал бўйлаб
- 4) D) Горизонтал бўйлаб



15. Вариньон теоремасининг Oz ўқиға нисбатан ифодаси ёзилсин:

A) $m_z(\vec{F}) = hF$

B)* $m_z(\vec{R}) = \sum m_z(\vec{F}_k)$

C) $m_z(\vec{R}) = 0$

D) $m_z(\vec{F}) = R \cdot H$

16. Фазовий кучлар системаси учун Вариньон теоремасини О марказга нисбатан ифодаси ёзилсин:

A) $m_0(\vec{R}) = R H$

B)* $m_0(\vec{R}) = \sum m_0(\vec{F}_k);$

C) $m_0(\vec{F}) = F_x F$

D) $m_0(\vec{R}) = \sum m_0(\vec{F}_k)$

17. Статиканинг асосий масаласи нимадан иборат?

- A)* кучлар системасини содда холга келтириш ва улар учун мувозанат шартларини аниклаш
- B) жисмларни боғланишдан озод қилиш
- C) кучларнинг бош векторини катталигини аниклаш
- D) кучларнинг бош моменти катталиги аниклаш

18. Жисмга таъсир қилувчи кучлар қачон тенг таъсир этувчига келтирилади.

A) $M_0 \neq 0; F = 0$

B)* $M_0 \neq 0; F \neq 0, \vec{M}_0 \neq \vec{F}_0$

C) $M_0 \neq 0; F \neq 0, J_2 = 0;$

D) $F \neq 0; M_0 \neq 0; J_2 \neq 0;$

19. Статиканинг асосий теоремасини математик ифодаси кўрсатилсин.

A) $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \propto \vec{R}$

B) $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \propto \vec{M}_0$

C) $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \propto \vec{F}_0$

D)* $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \propto (\vec{F}, \vec{M}_0)$

20. Ўққа нисбатан куч моменти қачон нолга тенг бўлади?

- A) агар куч ўққа перпендикуляр бўлса
- B) агар кучнинг таъсир қизиги ўққа перпендикуляр бўлган текисликдан ўтса
- C) агар куч билан ўқ орасидаги бурчак нолдан фаркли бўлса
- D)* агар куч билан ўқ битта текисликда ётса

21. Агар жисмга қўйилган кучни бир нуктадан иккинчи нуктага параллел кўчирса, куч кандай ўзгаради?

- А)* берилган кучнинг йўналиши ва катталиги ўзгармайди.
 В) Кучнинг факатгина йўналиши ўзгаради.
 С) Кучнинг факатгина катталиги ўзгаради.
 Д) Кучнинг факатгина кўйилиш нуктаси ўзгармайди.
22. Абсолют каттик жисм деб нимага айтилади.
 А) ўлчамлари кичик жисмга
 В) огирлиги камрок жисмга
 С) баландликдан тез тушадиган жисмга
 Д)* кучлар таъсирида икки нуктаси орасидаги масофа ўзгармайдиган жисмга
23. Кучлар система деб нимага айтилади?
 А)* бир неча куч тўпламига
 В) фазода ихтиёрий жойлашган кучларга
 С) йигиндиси нолдан катта кучлар тўпламига
 Д) жисмга кўйилган $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$ кучлар тўпламига
24. Жуфт куч деб нимага айтилади?
 А) Микдор жихатдан тенг ва ўзаро параллел бўлган икки куч бир тўғри чиик бўйича йўналса.
 В)* Микдор жихатдан тенг ва ўзаро параллел бўлган икки куч биртўғри чизикда ётмаса ва карама-карши томонга йўналган бўлса.
 С) Икки куч бир томонга йўналса ва битта тўғри чизикда ётмаса.
 Д) Икки куч карама-карши томонга йўналиб микдор жихатдан тенгбўлмаса.
25. Агар берилган кучлар системаси Z ўкига параллел бўлса, бу кучлар системаси мувозанати тенгламани кўрсатинг.
 А) $\sum F_{kx} = 0; \sum F_{ky} = 0; \sum F_{kz} = 0;$
 В) $\sum F_{kx} = 0; \sum m_y (\vec{F}_k) = 0; \sum m_z (\vec{F}_k) = 0;$
 С)* $\sum F_{kz} = 0; \sum m_x (\vec{F}_k) = 0; \sum m_y (\vec{F}_k) = 0;$
 Д) $\sum F_{ky} = 0; \sum m_x (\vec{F}_k) = 0; \sum m_z (\vec{F}_k) = 0;$
26. Фазода кесишувчи кучлар системаси учун мувозанат тенгламасининг вектор ифодаси кўрсатилсин.
 А) $\sum \vec{F}_k = 0; \sum \vec{M}_0(\vec{F}_k) = 0$
 В) $\sum \vec{F}_k = 0;$
 С) $\sum F_{kx} = 0; \sum F_{ky} = 0; \sum F_{kz} = 0;$
 Д)* $\sum \vec{R} = 0; \sum \vec{M}_0 = 0$
27. Назарий механиканинг асосий тушунчаларини кўрсатинг.
 А) куч, момент
 В) куч, тезлик, тезланиш
 С) фазо, вақт, куч
 Д)* механик ҳаракатнинг умумий қонунлари, кучлар таъсиридаги жисмнинг мувозанати.
28. Текисликда ихтиёрий йўналган кучлар системаси учун мувозанат тенгламаси кўрсатилсин.
 А) $\sum F_{kz} = 0; \sum F_{ky} = 0;$
 В) * $\sum F_{kx} = 0; \sum F_{ky} = 0; \sum m_0 (\vec{F}_k) = 0;$
 С) $\sum F_{kx} = 0; \sum F_{ky} = 0; \sum F_{kz} = 0;$
 Д) $\sum \vec{M}_0(\vec{F}_k) = 0; \sum m_x (\vec{F}_k) = 0 \sum m_y (\vec{F}_k) = 0;$
29. Нуктанинг ҳаракати вектор усулида берилганда, унинг ҳаракат қонунияти кўрсатилсин.

$$A) x = f_1(t), y = f_2(t), z = f_3(t)$$

$$B) * \dot{r} = \dot{r}(t)$$

$$C) r = r(t), \varphi = \varphi(t)$$

$$D) \varphi = \varphi(t), \psi = \psi(t), \theta = \theta(t)$$

30. Нуктанинг ҳаракати табиий усулда берилган ҳолда тезлик векторини аниқлаш формуласи кўрсатилсин.

$$A) * \dot{V} = V_r \cdot \dot{r} = \frac{ds}{dt} \cdot \dot{r}$$

$$B) \dot{V} = \dot{\omega} \times r$$

$$C) \dot{V} = \frac{d\dot{r}}{dt}$$

$$D) \dot{V} = V_x \cdot \bar{i} + V_y \cdot \bar{j} + V_z \cdot \bar{k}$$

31. Нуктанинг ҳаракати $x=5\cos 15t$, $y=5\sin 15t$ см конуниятда берилганда, $t=2$ сек.да тезлик модулини аниқлансин.

$$A) 25 \text{ см/с}$$

$$C) 50 \text{ см/с}$$

$$B) 30 \text{ см/с}$$

$$D) * 75 \text{ см/с}$$

32. Нуктанинг ҳаракати координата усулида берилганда тезланиш формуласи кўрсатилсин.

$$A) a = d^2 s / dt^2$$

$$C) a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

$$B) a = \sqrt{a_r^2 + a_n^2}$$

$$D) a = R \cdot \sqrt{E^2 + \omega^4}$$

33. Нукта ҳаракати $x=5\cos \pi t$ см, $y=5\sin \pi t$ см берилганда, $t=15$ сек.да уринма тезланиши аниқлансин.

$$A) 0$$

$$C) * 5\pi^2 \text{ см/с}^2$$

$$B) 5\pi \text{ см/с}^2$$

$$D) 50 \pi^2 \text{ см/с}^2$$

34. Айланма ҳаракадаги нуктанинг тезлик векторини аниқлаш формуласи кўрсатилсин.

$$A) V = \omega \cdot R$$

$$C) \dot{V} = \frac{d\dot{r}}{dt}$$

$$B) * \dot{V} = \dot{\omega} \times r$$

$$D) \dot{V} = V_x \bar{i} + V_y \bar{j} + V_z \bar{k}$$

35. Айланма ҳаракатдаги нуктанинг тезланиш векторини ҳисоблаш формуласи кўрсатилсин.

$$A) a = E \cdot R$$

$$C) a = \omega^2 \cdot R$$

$$B) * \ddot{r} = \ddot{r}_r + \ddot{r}_n$$

$$D) \ddot{r} = 2 \cdot (\dot{\omega} \times \dot{r})$$

36. Нуктанинг ҳаракати конуни $\varphi=3t^2+1$ берилган, айланиш ўқидаги $R=0,5$ масофада жойлашган моддий нуктанинг $t=3/2$ сек.да нормал тезланиши топилсин.

$$A) 72 \text{ см/с}$$

$$C) 4,5 \text{ м/с}^2$$

$$B) 20 \text{ м/с}$$

$$D) * 40,5 \text{ м/с}^2$$

37. Текис параллел ҳаракат тенгламаси қандай ёзиши кўрсатилсин.

$$A) \varphi = \varphi(t),$$

$$C) X_c = X_c(t), Y_c = Y_c(t), Z_c = Z_c(t)$$

$$B) \dot{r} = \dot{r}(t)$$

$$D) * Z_A = Z_A(t), Y_A = Y_A(t), \varphi = \varphi(t).$$

38. Текис ҳаракатдаги жисм ихтиёрий M нуктасининг тезлигини аниқлаш формуласи кўрсатилсин.

$$A) \dot{V}_M = \dot{V}_A$$

$$C) * \dot{V}_M = \dot{V}_A + \dot{V}_{MA}$$

$$B) V_M = V_{MA}$$

$$D) V_M = V_A + V_{MA}$$

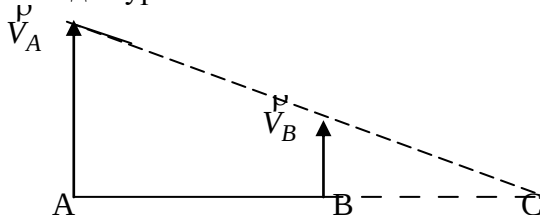
39. Текис ҳаракатдаги жисм ихтиёрий М нуктасининг тезланишини аниқлаш формуласини кўрсатинг.

- А) $\vec{a}_m = \vec{a}_A^r + \vec{a}_A^n$
 В) * $\vec{a}_m = \vec{a}_n + \vec{a}_{MA}$
 С) $\vec{a}_m = \vec{a}_{MA}^r + \vec{a}_{MA}^n$
 Д) $\vec{a}_m = \vec{\omega} \times \overrightarrow{AM}$

40. Текис параллел ҳаракатнинг тўғри таърифи кўрсатилсин.

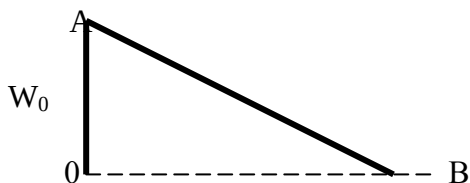
- А) жисм ҳаракати даврида унинг нукталари бир хил траектория чизади;
 В) жисм ҳаракати даврида унинг икки нуктаси кўзгалмайди;
 С) * жисм ҳаракати даврида унинг нукталарини траекториялари бирор кўзгалмас текисликка параллел қолади;
 Д) жисм ҳаракати даврида унинг нукталарини тезликлари бир хил бўлади.

41. Расмда кўрсатилган АВ механизмнинг бурчак тезлиги аниқлансин:



- А) $\omega_{AB} = V_A / AB$
 В) * $\omega_{AB} = V_A / AC$
 С) $\omega_{AB} = V_B / AB$
 Д) $\omega_{AB} = 0$

42. Қуйидаги механизм В нуктасининг тезланиши топилсин. $\omega_{OA} = \omega_0 = 2$ рад/с, $OA = 2$ м.



- А) $a_B = 0$
 В) * $a_B = 4$ м/с²
 С) $a_B = 2,31$ м/с²
 Д) $a_B = 2$ м/с

43. Радиус вектор деб нимага айтилади?

- А) икки нукта орасидаги масофа
 В) айлана радиуси
 С) * нуктанинг фазодаги ўрнини билдирувчи вектор микдор
 Д) нуктадан тўғри чизиккача масофа

44. Ҳаракатнинг беришнинг вектор усули нима?

- А) нуктанинг ҳаракат йўналишини бериш
 В) нуктанинг ўтган йўлининг узунлиги
 С) нуктадан Ох ўқиғача масофа
 Д) * радиус векторни вақтнинг функцияси кўринишда бериш

45. Ҳаракатни координата усулида бериш.

- А) нуктанинг фазодаги ўрнини аниқлаш
 В) нуктани координата бошидан узоклиги
 С) нуктанинг x, y ва z координаталарини вақтнинг функцияси сифатида бериш
 Д) * фазода берилган ҳаракат йўналиши

46. Табиий координаталар нима?

- А) Ох, Оу ва Оz координаталаридан ташкил топган система.
 В) Координаталарни тўғри бурчак остида жойлаштириш

- С)* Уринма M_t нормал M_n ва бинормал M_b ўқларидан ташкил координат системаси
Д) Ихтиёрий жойлашган координат
47. Харакатни табиий усулда бериш.
А) нуктанинг фазодаги ўрнини бериш
В) нуктанинг фазодаги ўрнини бериш
С) харакатнинг координатларини бериш
Д)* нуктанинг траектория бўйича ўтган йўлини вақтнинг функцияси сифатида бериш
48. Траектория деб нимага айтилади?
А)* вақт ўтиши билан нуктанинг фазода қолдирган изи
В) нуктанинг харакатини ифодаловчи чизик нуктанинг юрган йўлини кўрсатувчи чизик
С) нуктанинг юрган йўлини кўрсатувчи чизик
Д) нуктанинг ҳаракат йўналишини кўрсатувчи чизик
49. Тезлик деб нимага айтилади?
А) нуктанинг бир хил вақт оралиғида ўтган йўли
В) *радиус вектордан вақт бўйича оланган биринчи тартибли ҳосила
С) радиус векторнинг ҳоссаларини ифодаловчи микдор
Д) траектория ёйининг икки нукта орасидаги микдори
50. Тезликнинг модули қандай аниқланади?
А) траекториянинг вақт бирлигига тўғри келган узунлиги
В) нукта координатларининг вақт бўйича ҳосиласи
С) нуктанинг юрган йўлнинг вақт бирлигидаги узунлиги
Д)* тезликнинг ўқлардаги проекциялари квадратларининг йигиндисидан олинган илди
51. Тезлик қандай йўналишга эга?
А) траектория бўйича йўналган
В) радиус вектор бўйича йўналган
С) траекторияга нормал бўйича йўналган
Д)* траекторияга уринма бўйича йўналган
52. Тезланиш деб нимага айтилади?
А) тезлик гадографини характерловчи микдор
В) траекторияни характерловчи микдор
С) нукта харакатини ифодаловчи
Д)* тезликдан вақт бўйича олинган биринчи тартибли ҳосила
53. Нуктанинг айланма ҳаракат қонуни $\varphi = \frac{1}{5}t^2$ берилган, $t=5$ сек. да бурчак тезлик микдори топилсин.
А) 5 с^{-1}
В) $2/5 \text{ с}^{-1}$
С)* 2 с^{-1}
Д) 1 с^{-1}
54. Қуйидаги эркин моддий нуктанинг табиий координата ўқларидаги ҳаракат дифференциал тенгламалари кўрсатилган.
А) $* m \frac{dv}{dt} = F_r, m \frac{v^2}{\rho} = F_n, F_b = 0$
В) $m \frac{dx}{dt} = F_x, m \frac{dy}{dt} = F_y, m \frac{dz}{dt} = F_z$
С) $m \frac{d^2 \rho}{dt^2} = F_\rho$ Д) $m \frac{d^2 s}{dt^2} = F_r$
55. Қуйида боғланишдаги моддий нуктанинг декарт координата ўқларидаги ҳаракат дифференциал тенгламалари кўрсатилган.

$$A) m\ddot{x} = F_x, m\ddot{y} = F_y, m\ddot{z} = F_z$$

$$B) m \frac{dV}{dt} = F_\tau, m \frac{V^2}{\rho} = F_n, F_b = 0$$

$$C) mV_x - mV_{ox} = S_x = S_x, mV_y - mV_{oy} = S_y, mV_z - mV_{oz} = S_z$$

$$D) * m\ddot{x} = F_x + N_x, m\ddot{y} = F_y + N_y, m\ddot{z} = F_z + N_z$$

56. Куйида механик системанинг асосий тенгламаси кўрсатилсин.

$$A) * m_k \ddot{a}_k = \vec{F}_k^e + \vec{F}_k^i \quad (k=1,2,\dots,h)$$

$$B) \sum m_k \ddot{a}_k = \sum \vec{F}_k^e + \sum \vec{F}_k^i$$

$$C) \sum m_k \ddot{a}_k = \sum \vec{F}_k^e$$

$$D) m \ddot{a} = \vec{F}$$

57. Массаси $m=1\text{ кг}$ бўлган моддий нуктага $x=10\cos t$, $y=5\cos 2t$ конуният асосида куч таъсир этсин, $t_1=30$ сек.да кучнинг микдори нимага тенг? (x, y – метрда)

A) ноль

B) 4Н

C) * 10Н

D) * 40Н

58. Массаси $m=1\text{ кг}$ бўлган моддий нуктага $x=2\sin 2t$, $y=5\cos 2t$ конуният

асосида куч таъсир этсин, $t_1=\frac{\pi}{2}$ сек.да кучнинг микдори нимага тенг? (x, y – метрда)

A) 10Н

B) 15Н

C) * 20Н

D) 5Н

59. Массаси $m=1$ бўлган моддий нуктага $x=5t^3$, $y=10t$ конуният асосида куч таъсир этсин. Кучнинг йўналиши қандай? (x, y – метрда)

A) куч x ўқиға параллел

B) * куч y ўқиға параллел

C) куч x ўқи билан 30° бурчак ташкил этади

D) куч x ўқи билан 30° бурчак ташкил этади.

60. Фазодаги кесишувчи кучлар системасининг бош вектори нимага тенг?

A) Кучларнинг арифметик йигиндиси

B) ноль

C) кучларнинг ўқдаги проекцияси

D) * кучларнинг геометрик йигиндиси

61. Шаклда кўрсатилган кучларнинг импульсларининг йигиндиси ҳисоблансин, агар $f=0,2$, $F=4t^2+5t$ $m=5\text{ кг}$, $t=3\text{ сек}$.

A) 64,7

B) 48

C) * 77,46

D) 56

62. Агар шаклда кўрсатилган массаси 2 кг бўлган М нукта тўғри чизикли силлик йўл участкасида 14 м/с бошланғич тезлик билан ҳисобланса, $F=4\cos 2t$ куч таъсиридаги 15 сек.дан кейинги тезлиги ҳисоблансин.

A) 7,45 м/с

B) * 15,43 м/с

C) 20 м/с

D) 12 м/с

63. Массаси 0,4 кг бўлган юк, узунлиги 2 м бўлган ипга боғланиб, 10 рад/с бурчак тезлик билан О нукта атрофида айлантирилса, унинг О нуктага нисбатан микдори моменти ҳисоблансин.

A) 18

B) 8

C) * 16

D) 4

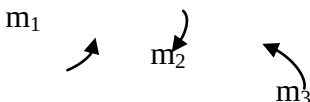
64. Массаси $m=1\text{ кг}$ бўлган М моддий нукта радиуси $r=0,5$ м бўлган айлана бўйлаб $V=4$ м/с ўзгармас тезлик билан айланади. Айлананинг маркази С нуктага нисбатан нукта ҳаракат микдори моменти ҳисоблансин.

A) 1

B) 3

C) * 2

D) 5

65. Перпендикуляр иккита текисликда ётувчи иккита жуфт йигиндисини кўрсатинг; $m_1 = 4\text{Нм}$, $m = 3\text{Нм}$.
 А) 7Нм В) 10Нм С)* 5Нм Д) 12Нм
66. Мувозанатлашувчи кучлар системасининг бош вектори нимага тенг?
 А) *кучлар модуллари йигиндисини
 В) ноль
 С) кучларнинг алгебраик йигиндисини
 Д) кучларнинг арифметик йигиндисини
67. Хар доим кам бош вектор кучлар системасининг тенг таъсир этувчиси бўла оладими?
 А) хар доим
 В)* факат текисликдаги ихтиёрий кучлар системаси
 С) факат параллел кучлар системаси
 Д) факат кесишувчи кучлар системаси
68. Силлик текислик реакциясининг йўналиши кўрсатилсин.
 А) Ихтиёрий жойлашган
 В) Богланиш бўйлаб йўналган
 С)*Текислик билан жисм уриниш нуктасидин ўтказилган уринмага перпендикуляр
 Д) Умумий уринма бўйлаб жойлашган
69. Эгилувчан богланиш реакция йўналишини кўрсатинг.
 А) Фазода ихтиёрий
 В) богланишга перпендикуляр
 С) богланиш бўйлаб жисмга караб йўналган
 Д)* богланиш бўйлаб жисмдан богланиши караб жойлашган
70. Цилиндрик шарнир реакциясини аникланг реакция йўналиши:
 А)* Шарнир ўкига перпендикуляр
 В) Фазода ихтиёрий
 С) Шарнир ўки билан бир текисликда ихтиёрий
 Д) шарнир ўки бўйлаб
71. Параллел текисликларда ётувчи $m_1 = 5\text{Нм}$, $m_2 = 3\text{Нм}$, $m_3 = 4\text{Нм}$
 А) $3,5\text{Нм}$ В) $-3,5\text{Нм}$ С)* $7,5\text{Нм}$ Д) $-7,5\text{Нм}$
- 
72. Фазодаги жуфтлар моменти кандай аникланишини кўрсатинг.
 А) $\vec{M}_O = \sum \vec{r}_O (\vec{F}_k)$
 В)* $\vec{M} = \sum \vec{r}_k$
 С) $M = \sum m_k$
 Д) $\vec{R} = \sum \vec{F}_k$
73. Тезлик кандай йўналишга эга?
 А) траектория бўйича йўналган
 В)* радиус вектор бўйича йўналган
 С) траекторияга нормал бўйича йўналган
 Д) траекторияга уринма бўйича йўналган
74. $\vec{F}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k}$ ва $\vec{R} = -7\vec{i} + \vec{j} - 5\vec{k}$ кучларнинг векторини ифодасини топинг
 А) $\vec{R} = 9\vec{i} + 4\vec{j} + 9\vec{k}$

$$\begin{aligned} \text{В)} \quad \vec{R} &= 5\vec{i} + 4\vec{j} + \vec{k} \\ \text{С)*} \quad \vec{R} &= -5\vec{i} + 4\vec{j} - \vec{k} \\ \text{Д)} \quad \vec{R} &= \sqrt{53}\vec{i} + \sqrt{10}\vec{j} + \sqrt{41}\vec{k} \end{aligned}$$

75. А таянчнинг реакция кучи кандай йўналган?

- А)* АВ бўйлаб
- В) АС бўйлаб
- С) Вектикал бўйлаб
- Д) Горизонтал бўйлаб

76. Вариньон теоремасининг Оз ўқиға нисбатан ифодаси ёзилсин:

$$\begin{aligned} \text{А)} \quad m_z(\vec{F}) &= hF \\ \text{В)*} \quad m_z(\vec{R}) &= \sum m_z(\vec{F}_k) \\ \text{С)} \quad m_z(\vec{R}) &= 0 \\ \text{Д)} \quad m_z(\vec{F}) &= R \cdot H \end{aligned}$$

77. Агар берилган кучлар системаси Z ўқиға параллел бўлса, бу кучлар системаси мувозанати тенгламани кўрсатинг.

$$\begin{aligned} \text{А)} \quad \sum F_{kx} &= 0; \sum F_{ky} = 0; \sum F_{kz} = 0; \\ \text{В)} \quad \sum F_{kx} &= 0; \sum m_y(\vec{F}_k) = 0; \sum m_z(\vec{F}_k) = 0; \\ \text{С)*} \quad \sum F_{kz} &= 0; \sum m_x(\vec{F}_k) = 0; \sum m_y(\vec{F}_k) = 0; \\ \text{Д)} \quad \sum F_{ky} &= 0; \sum m_x(\vec{F}_k) = 0; \sum m_z(\vec{F}_k) = 0; \end{aligned}$$

78. Фазода кесишувчи кучлар системаси учун мувозанат тенгламасининг вектор ифодаси кўрсатилсин.

$$\begin{aligned} \text{А)} \quad \sum \vec{F}_k &= 0; \sum \vec{M}_0(\vec{F}_k) = 0 \\ \text{В)} \quad \sum \vec{F}_k &= 0; \\ \text{С)*} \quad \sum F_{kx} &= 0; \sum F_{ky} = 0; \sum F_{kz} = 0; \\ \text{Д)} \quad \vec{R} &= 0; \vec{M}_0 = 0 \end{aligned}$$

79. Назарий механиканинг асосий тушунчаларини кўрсатинг.

- А) куч, момент
- В) куч, тезлик, тезланиш
- С) фазо, вақт, куч
- Д)* ҳаракат тенгламаси, траектория, тезлик, тезланиш

80. Текисликда ихтиёрий йўналган кучлар системаси учун мувозанат тенгламаси кўрсатилсин.

$$\begin{aligned} \text{А)} \quad \sum F_{kz} &= 0; \quad \sum F_{ky} = 0; \\ \text{В)*} \quad \sum F_{kx} &= 0; \quad \sum F_{ky} = 0; \quad \sum m_0(\vec{F}_k) = 0; \\ \text{С)} \quad \sum F_{kx} &= 0; \quad \sum F_{ky} = 0; \quad \sum F_{kz} = 0; \\ \text{Д)} \quad \sum \vec{M}_0(\vec{F}_k) &= 0; \quad \sum m_x(\vec{F}_k) = 0 \quad \sum m_y(\vec{F}_k) = 0; \end{aligned}$$

81. Шаклда кўрсатилган кучларнинг текисликдаги кучларнинг бош векторининг Ох Оу ўқлардаги проекциялардаги қиймати аниқланг. $F_1=F_2=F_3=F_4= 10 \text{ Н}$

- А) $R_x=13,6 \text{ Н}; R_y=23,6 \text{ Н}.$
- В) $R_x= -13,6 \text{ Н}; R_y=23,6 \text{ Н}.$
- С)* $R_x=13,6 \text{ Н}; R_y= -23,6 \text{ Н}.$
- Д) $R_x= -13,6 \text{ Н}; R_y= -23,6 \text{ Н}.$

82. Нуктанинг ҳаракати вектор усулида берилганда, унинг ҳаракат қонунияти кўрсатилсин.

$$A) x = f_1(t), y = f_2(t), z = f_3(t)$$

$$B) * \vec{r} = \vec{r}(t)$$

$$C) r = r(t), \varphi = \varphi(t)$$

$$D) \varphi = \varphi(t), \psi = \psi(t), \theta = \theta(t)$$

83. Харакатнинг беришнинг вектор усули нима?

A) нуктанинг харакат йўналишини бериш

B) нуктанинг ўтган йўлининг узунлиги

C) нуктадан Ох ўқиғача масофа

D)* радиус векторни вақтнинг функцияси кўринишда бериш

84. Харакатни координата усулида бериш.

A) нуктанинг фазодаги ўрнини аниклаш

B) нуктани координата бошидан узоклиги

C)* нуктанинг x, y ва z координаталарини вақтнинг функцияси сифатида бериш

D) фазода берилган харакат йўналиши

85. Табиий координаталар нима?

A) Ох, Оу ва Оz координаталаридан ташкил топган система.

B) Координаталарни тўғри бурчак остида жойлаштириш

C) Бир-бирига перпендикуляр учта кўрдинат

D)* Ихтиёрий жойлашган координат

86. Харакатни табиий усулда бериш.

A) нуктанинг фазодаги ўрнини бериш

B) нуктанинг фазодаги ўрнини бериш

C) харакатнинг координаталарини бериш

D)* нуктанинг траектория бўйича ўтган йўлини вақтнинг функцияси сифатида бериш

87. Траектория деб нимага айтилади?

A*) вақт ўтиши билан нуктанинг фазода қолдирган изи

B) нуктанинг харакатини ифодаловчи чизик нуктанинг юрган йўлини кўрсатувчи чизик

C) нуктанинг юрган йўлини кўрсатувчи чизик

D) нуктанинг харакат йўналишини кўрсатувчи чизик

88. Тезлик деб нимага айтилади?

A) нуктанинг бир хил вақт оралагида ўтган йўли

B)* радиус вектордан вақт бўйича оланган биринчи тартибли ҳосила

C) радиус векторнинг ҳоссаларини ифодаловчи микдор

D) траектория ёйининг икки нукта орасидаги микдори

89. Ихтиёрий йўналган кучлар системасининг бош векторини формуласи кўрсатилсин.

$$A) R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$B) * \vec{R} = \sum \vec{F}_k$$

$$C) R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$$

$$D) R = \sum F_k$$

90. Ихтиёрий йўналган кучлар системаси бош векторининг Ох ўқдаги проекциясини аниклаш формуласи кўрсатилсин.

$$A) \vec{R} = \sum \vec{F}_k$$

$$B) R_x = F_1 + F_2 \cos \alpha$$

$$C) R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$D)* R_x = \sum F_{kx}$$

91. Текисликдаги кучлар системасининг бош векторини модулини топиш формуласини кўрсатинг.

$$A)^* R = \sqrt{(\sum F_{kx})^2 + (\sum F_{ky})^2}$$

$$B) R_y = \sum F_{ky}, R_x = \sum F_{kx}$$

$$C) R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha} \quad D) \bar{R} = \sum \bar{F}_k$$

92. $\vec{F}_1 = 2\vec{i} + \vec{j} + 3\vec{k}, \vec{F}_2 = \vec{i} + 4\vec{j} - 2\vec{k}, \vec{F}_3 = \vec{i} - 2\vec{j} - \vec{k}$ кучларнинг тенг таъсир этувчисини модулининг топинг.

$$A) R = \sqrt{35} \quad B)^* R = 5 \quad C) R = 9 \quad D) R = 7$$

93. $F_1 = 10\text{H}, F_2 = 10\text{H}$ ва $\vec{F}_3 = 5\vec{i} + 5\vec{j} - 5\vec{k}$ кучларнинг тенг таъсир этувчисини Ох ўқидаги проекциясининг киймати топилсин.

$$A) R_x = 0$$

$$B) R_x = 10\text{H}$$

$$C)^* R_x = 15\text{H}$$

$$D) R_x = 13,6\text{H}$$

94. Куйидаги эркин моддий нуктанинг табиий координата ўқларидаги ҳаракат дифференциал тенгламалари кўрсатилган.

$$A)^* m \frac{dv}{dt} = F_r, m \frac{v^2}{\rho} = F_n, F_b = 0$$

$$B) m \frac{d^2x}{dt^2} = F_x, m \frac{d^2y}{dt^2} = F_y, m \frac{d^2z}{dt^2} = F_z$$

$$C) m \frac{d^2\rho}{dt^2} = F_\rho \quad D) m \frac{d^2s}{dt^2} = F_r$$

95. Куйида боғланишдаги моддий нуктанинг декарт координата ўқларидаги ҳаракат дифференциал тенгламалари кўрсатилган.

$$A) m \frac{d^2x}{dt^2} = F_x, m \frac{d^2y}{dt^2} = F_y, m \frac{d^2z}{dt^2} = F_z$$

$$B) m \frac{dV}{dt} = F_\tau, m \frac{V^2}{\rho} = F_n, F_b = 0$$

$$C) mV_x - mV_{ox} = S_x = S_x, mV_y - mV_{oy} = S_y, mV_z - mV_{oz} = S_z$$

$$D)^* m \frac{d^2x}{dt^2} = F_x + N_x, m \frac{d^2y}{dt^2} = F_y + N_y, m \frac{d^2z}{dt^2} = F_z + N_z$$

96. Куйида механик системанинг асосий тенгламаси кўрсатилсин.

$$A)^* m_k \ddot{a}_k = \vec{F}_k^e + \vec{F}_k^i \quad (k = 1, 2, \dots, h)$$

$$B) \sum m_k \ddot{a}_k = \sum \vec{F}_k^e + \sum \vec{F}_k^i$$

$$C) \sum m_k \ddot{a}_k = \sum \vec{F}_k^e$$

$$D) m \ddot{a} = \vec{F}$$

97. Массаси $m=1\text{кг}$ бўлган моддий нуктага $x=10\cos t, y=5\cos 2t$ конуният асосида куч таъсир этсин, $t_1=30$ сек.да кучнинг микдори нимага тенг? (x, y – метрда)

$$A) \text{ноль}$$

$$B) 4\text{H}$$

$$C) 10\text{H}$$

$$D)^* 40\text{H}$$

98. Массаси $m=1\text{кг}$ бўлган моддий нуктага $x=2\sin 2t, y=5\cos 2t$ конуният асосида

куч таъсир этсин, $t_1=\frac{\pi}{2}$ сек.да кучнинг микдори нимага тенг? (x, y – метрда)

$$A) 10\text{H}$$

$$B) 15\text{H}$$

$$C)^* 20\text{H}$$

$$D) 5\text{H}$$

99. Массаси $m=1$ бўлган моддий нуктага $x=5t^3, y=10t$ конуният асосида куч таъсир этсин. Кучнинг йўналиши қандай? (x, y – метрда)

$$A)^* \text{куч } x \text{ ўқида параллел}$$

$$B) \text{куч } y \text{ ўқида параллел}$$

С) куч х ўки билан 30^0 бурчак ташкил этади

Д) куч х ўки билан 30^0 бурчак ташкил этади.

100 . Статиканинг асосий масаласи нимадан иборат?

А)* кучлар системасини содда холга келтириш ва улар учун мувозанат шартларини аниклаш

В) жисмларни боғланишдан озод қилиш

С) кучларнинг бош векторини катталигини аниклаш

Д) кучларнинг бош моменти катталиги аниклаш

Савол	Жавоб	Савол	Жавоб	Савол	Жавоб	Савол	Жавоб
1	Б	26	Д	51	Д	76	Б
2	Д	27	Д	52	Д	77	С
3	Ф	28	Б	53	С	78	С
4	Д	29	Б	54	А	79	Д
5	Д	30	А	55	Д	80	Б
6	Б	31	Д	56	А	81	С
7	Д	32	Б	57	Д	82	Б
8	А	33	С	58	С	83	Д
9	Б	34	Б	59	Б	84	С
10	Д	35	Б	60	Д	85	Д
11	Б	36	Д	61	С	86	Д
12	А	37	Д	62	Б	87	А
13	С	38	С	63	С	88	Б
14	С	39	Б	64	С	89	Б
15	Б	40	С	65	С	90	Д
16	Б	41	Б	66	А	91	А
17	А	42	Б	67	Б	92	Б
18	Б	43	С	68	С	93	С
19	Д	44	Д	69	Д	94	А
20	Д	45	С	70	А	95	Д
21	А	46	С	71	С	96	А
22	Д	47	Д	72	Б	97	Д
23	А	48	А	73	Б	98	С
24	Б	49	Б	74	С	99	А
25	С	50	Д	75	А	100	А

НАЗАРИЙ МЕХАНИКА ФАНИДАН ОРАЛИҚ НАЗОРАТ САВОЛНОМА

I- оралиқ назорат ўтказиш саволлари рўйхати **(статика ва кинематика)**

1. Механика фанининг ривожланишига ўрта осийлик олимларнинг қўшган ҳиссаси. Таянч иборалар: механик таъсирлашув; механик ҳаракат, жисмларнинг мувозанати, оғирлик маркази; классик механика; жисмнинг кинематик ҳолати.
2. Статиканинг асосий тушунчалари. Таянч иборалар: моддий нукта, абсолют қаттиқ жисм, механик система; куч; кучлар системаси; тенг таъсир этувчи; эквивалент кучлар системаси; ўзаро мувозанатлашган кучлар системаси.
3. Статика аксиомалари. Таянч иборалар: Инерция аксиомаси; икки куч аксиомаси; бирлашиш аксиомаси; бирлашиш аксиомаси натижаси; параллелограмм аксиомаси; таъсир ва акс таъсир аксиомаси; қотиш принципи;
4. Боғланишлар ва реакция кучлари. Таянч иборалар: эркин жисм; боғланишдаги жисм; боғланиш; реакция кучи; боғланишдан бўшашиш принципи.
5. Бир нуктада учрашувчи кучлар, уларни қўшиш. Уч куч ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
6. Бир нуктада учрашувчи кучлар системасининг тенг таъсир этувчисини аналитик усулда аниқлаш. Таянч иборалар:
7. Бир нуктада учрашувчи кучлар системасининг мувозанат тенгламаси. Таянч иборалар:
8. Кучнинг нуктага нисбатан моменти. Таянч иборалар:
9. Текисликдаги ихтиёрий жойлашган кучни ўзига параллел кўчириш (Пуансо усули). Таянч иборалар:
10. Текисликда ихтиёрий жойлашган кучларни бош вектори ва бош моменти. Таянч иборалар:
11. Текисликда ихтиёрий жойлашган кучлар системасини мувозанат тенгламаси. Таянч иборалар:
12. Текисликда ихтиёрий жойлашган кучлар системаси мувозанатининг уч кўринишдаги тенгламаси. Таянч иборалар:
13. Текисликдаги кучлар системаси учун Вариньон теоремаси. Таянч иборалар:
14. Кучнинг марказга ва ўққа нисбатан моменти. Таянч иборалар:
15. Кучнинг нуктага нисбатан моменти ва кучнинг ўққа нисбатан моменти орасидаги боғланиш. Таянч иборалар:
16. Фазода ихтиёрий жойлашган кучларни қўшиш. Таянч иборалар:
17. Фазода ихтиёрий жойлашган кучларни Бош вектори ва бош моменти. Таянч иборалар:
18. Ихтиёрий фазовий кучлар системасининг мувозанат тенгламалари. Таянч иборалар:
19. Ҳаракатни берилиш усуллари. Таянч иборалар:

20. Моддий нуктанинг ҳаракат тенгламаси Таянч иборалар:.
21. Моддий нукта ҳаракатининг (изи) троекторияси. Таянч иборалар:
22. Нуктанинг ҳаракат қонуни. Таянч иборалар:
23. Нукта ҳаракати берилишининг уч усули орасидаги боғланиш. Таянч иборалар:
24. Нукта тезлиги. Таянч иборалар:
25. Нукта тезланиши. Таянч иборалар:
26. Нуктанинг тенг ўлчовли ҳаракати. Таянч иборалар:
27. Нукта ҳаракатининг классификацияси. Таянч иборалар:
28. Қаттиқ жисм ҳаракатининг турлари. Таянч иборалар:
29. Қаттиқ жисмнинг илгариланма ҳаракати. Таянч иборалар:
30. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракати. Таянч иборалар:
31. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатида бурчак тезлик ва бурчак тезланиш. Таянч иборалар:
32. Тенг ўлчовли айланма ҳаракат. Таянч иборалар:
33. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатида унинг нуктасининг тезлик ва тезланишлари. Таянч иборалар:
34. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатида унинг нуктасининг тезлик ва тезланишларининг вектори. Таянч иборалар:
35. Қаттиқ жисмнинг текисликка параллел ҳаракатини илгариланма ва айланма ҳаракатларга ажратиш. Таянч иборалар:
36. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг ҳаракат тенгламаси. Таянч иборалар:
37. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг тезликларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
38. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг тезликларини қўшиш ҳақидаги теореманинг натижалари. Таянч иборалар:
39. Оний тезлик маркази (ОТМ). Таянч иборалар:
40. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг тезланишларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
41. Оний тезланиш маркази (ОТшМ). Таянч иборалар:
42. Нуктанинг мураккаб ҳаракатида тезликларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
43. Нуктанинг мураккаб ҳаракатида тезланишларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
44. Кориолис тезланиши ва уни вужудга келиш сабаблари. Таянч иборалар:

II- оралиқ назорат ўтказиш саволлари рўйхати (динамика)

45. Моддий нукта динамикасининг қонунлари ва аксиомалари. Таянч иборалар:
46. Динамиканинг асосий тенгламаси. Таянч иборалар:
47. Моддий нукта ҳаракатининг дифференциал ва табиий тенгламалари. Таянч иборалар:
48. Динамиканинг икки асосий масаласи.
49. Динамиканинг биринчи (тўғри) масаласини ечиш учун умумий кўрсатмалар. Таянч иборалар:
50. Динамиканинг иккинчи (тесқари) масаласини ечиш учун умумий кўрсатмалар. Таянч иборалар:
51. Моддий нуктанинг тўғри чизиқли тебранма ҳаракати. Таянч иборалар:
52. Тебранишнинг вужудга келиш шартлари. Таянч иборалар:
53. Тебранишларнинг классификацияси.

54. Мухит қаршилигини ҳисобга олмаганда моддий нуктанинг эркин тебранма ҳаракати.
55. Сўнувчи тебранма ҳаракат. Таянч иборалар:
56. Моддий нуктанинг мажбурий тебранма ҳаракати. Резонанс. Таянч иборалар:
57. Механик система, ташқи ва ички кучлар. Таянч иборалар:
58. Системанинг массалар маркази. Таянч иборалар:
59. Массалар марказининг ҳаракати ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
60. Массалар марказини ҳаракатининг сақланиш қонуни. Таянч иборалар:
61. Моддий нукта ва механик система ҳаракат миқдори, механик система ҳаракат миқдорини массалар марказининг тезлиги орқали ифодаланиши. Таянч иборалар:
62. Куч импульси. Таянч иборалар:
63. Ҳаракат миқдорини ўзгариши ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
64. Ҳаракат миқдорини сақланиш қонуни. Таянч иборалар:
65. Ҳаракат миқдори моменти. Таянч иборалар:
66. Ҳаракат миқдори моментининг ўзгариши ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
67. Механик система ҳаракат миқдорининг марказга ёки ўққа нисбатан бош моменти (кинетик момент) Таянч иборалар:
68. Ҳаракат миқдори моментининг сақланиш қонуни. Таянч иборалар:
69. Кучнинг иши ва қуввати. Таянч иборалар:
70. Моддий нукта ва механик системанинг кинетик энергияси. Таянч иборалар:
71. Моддий нукта ва механик система кинетик энергиясининг ўзгариши ҳақидаги теореманинг турли кўринишлари. Таянч иборалар:

Якуний назорат саволлари

Механика фанининг ривожланишига ўрта осийлик олимларнинг қўшган ҳиссаси.

Таянч иборалар: механик таъсирлашув; механик ҳаракат, , жисмларнинг мувозанати, оғирлик маркази; классик механика; жисмнинг кинематик ҳолати.

72. Статиканинг асосий тушунчалари. Таянч иборалар: моддий нукта, абсолют қаттиқ жисм, механик система; куч; кучлар системаси; тенг таъсир этувчи; эквивалент кучлар системаси; ўзаро мувозанатлашган кучлар системаси.
73. Статика аксиомалари. Таянч иборалар: Инерция аксиомаси; икки куч аксиомаси; бирлашиш аксиомаси; бирлашиш аксиомаси натижаси; параллелограмм аксиомаси; таъсир ва акс таъсир аксиомаси; қотиш принципи;
74. Боғланишлар ва реакция кучлари. Таянч иборалар: эркин жисм; боғланишдаги жисм; боғланиш; реакция кучи; боғланишдан бўшатиш принципи.
75. Бир нуктада учрашувчи кучлар, уларни қўшиш. Уч куч ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
76. Бир нуктада учрашувчи кучлар системасининг тенг таъсир этувчисини аналитик усулда аниқлаш. Таянч иборалар:
77. Бир нуктада учрашувчи кучлар системасининг мувозанат тенгламаси. Таянч иборалар:
78. Кучнинг нуктага нисбатан моменти. Таянч иборалар:
79. Текисликдаги ихтиёрий жойлашган кучни ўзига параллел қўчириш (Пуансо усули). Таянч иборалар:

80. Текисликда ихтиёрий жойлашган кучларни бош вектори ва бош моменти. Таянч иборалар:
81. Текисликда ихтиёрий жойлашган кучлар системасини мувозанат тенгламаси. Таянч иборалар:
82. Текисликда ихтиёрий жойлашган кучлар системаси мувозанатининг уч кўринишдаги тенгламаси. Таянч иборалар:
83. Текисликдаги кучлар системаси учун Вариньон теоремаси. Таянч иборалар:
84. Кучнинг марказга ва ўққа нисбатан моменти. Таянч иборалар:
85. Кучнинг нуқтага нисбатан моменти ва кучнинг ўққа нисбатан моменти орасидаги боғланиш. Таянч иборалар:
86. Фазода ихтиёрий жойлашган кучларни қўшиш. Таянч иборалар:
87. Фазода ихтиёрий жойлашган кучларни Бош вектори ва бош моменти. Таянч иборалар:
88. Фазодаги кучларни бош вектори ва бош моментини аналитик усулда аниқлаш. Таянч иборалар:
89. Ихтиёрий фазовий кучлар системасининг мувозанат тенгламалари. Таянч иборалар:
90. Фазовий кучлар системасини бир марказга келтириш. Таянч иборалар:
91. Ҳаракатни берилиш усуллари. Таянч иборалар:
92. Моддий нуктанинг ҳаракат тенгламаси Таянч иборалар:.
93. Моддий нуқта ҳаракатининг (изи) троекторияси. Таянч иборалар:
94. Нуктанинг ҳаракат қонуни. Таянч иборалар:
95. Нуқта ҳаракати берилишининг уч усули орасидаги боғланиш. Таянч иборалар:
96. Нуқта тезлиги. Таянч иборалар:
97. Нуқта тезланиши. Таянч иборалар:
98. Нуктанинг тенг ўлчовли ҳаракати. Таянч иборалар:
99. Нуқта ҳаракатининг классификацияси. Таянч иборалар:
100. Қаттиқ жисм ҳаракатининг турлари. Таянч иборалар:
101. Қаттиқ жисмнинг илгариланма ҳаракати. Таянч иборалар:
102. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракати. Таянч иборалар:
103. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатида бурчак тезлик ва бурчак тезланиш. Таянч иборалар:
104. Тенг ўлчовли айланма ҳаракат. Таянч иборалар:
105. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатида унинг нуқтасининг тезлик ва тезланишлари. Таянч иборалар:
106. Қаттиқ жисмнинг айланма ҳаракатида унинг нуқтасининг тезлик ва тезланишларининг вектори. Таянч иборалар:
107. Қаттиқ жисмнинг текисликка параллел ҳаракатини илгариланма ва айланма ҳаракатларга ажратиш. Таянч иборалар:
108. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг ҳаракат тенгламаси. Таянч иборалар:
109. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг тезликларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
110. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг тезликларини қўшиш ҳақидаги теореманинг натижалари. Таянч иборалар:
111. Оний тезлик маркази (ОТМ). Таянч иборалар:
112. Текисликка параллел ҳаракатдаги қаттиқ жисмнинг тезланишларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
113. Оний тезланиш маркази (ОТшМ). Таянч иборалар:
114. Нуктанинг мураккаб ҳаракатида тезликларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:

115. Нуқтанинг мураккаб ҳаракатида тезланишларини қўшиш ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
116. Кориолис тезланиши ва уни вужудга келиш сабаблари. Таянч иборалар:
117. Моддий нуқта динамикасининг қонунлари ва аксиомалари. Таянч иборалар:
118. Динамиканинг асосий тенгламаси. Таянч иборалар:
119. Моддий нуқта ҳаракатининг дифференциал ва табиий тенгламалари. Таянч иборалар:
120. Динамиканинг икки асосий масаласи.
121. Динамиканинг биринчи (тўғри) масаласини ечиш учун умумий кўрсатмалар. Таянч иборалар:
122. Динамиканинг иккинчи (тескари) масаласини ечиш учун умумий кўрсатмалар. Таянч иборалар:
123. Моддий нуқтанинг тўғри чизиқли тебранма ҳаракати. Таянч иборалар:
124. Тебранишнинг вужудга келиш шартлари. Таянч иборалар:
125. Тебранишларнинг классификацияси.
126. Мухит қаршилигини ҳисобга олмаганда моддий нуқтанинг эркин тебранма ҳаракати.
127. Сўнувчи тебранма ҳаракат. Таянч иборалар:
128. Моддий нуқтанинг мажбурий тебранма ҳаракати. Резонанс. Таянч иборалар:
129. Механик система, ташқи ва ички кучлар. Таянч иборалар:
130. Системанинг массалар маркази. Таянч иборалар:
131. Массалар марказининг ҳаракати ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
132. Массалар марказини ҳаракатининг сақланиш қонуни. Таянч иборалар:
133. Моддий нуқта ва механик система ҳаракат миқдори, механик система ҳаракат миқдорини массалар марказининг тезлиги орқали ифодаланиши. Таянч иборалар:
134. Куч импульси. Таянч иборалар:
135. Ҳаракат миқдорини ўзгариши ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
136. Ҳаракат миқдорини сақланиш қонуни. Таянч иборалар:
137. Ҳаракат миқдори моменти. Таянч иборалар:
138. Ҳаракат миқдори моментининг ўзгариши ҳақидаги теорема. Таянч иборалар:
139. Механик система ҳаракат миқдорининг марказга ёки ўққа нисбатан бош моменти (кинетик момент) Таянч иборалар:
140. Ҳаракат миқдори моментининг сақланиш қонуни. Таянч иборалар:
141. Кучнинг иши ва қуввати. Таянч иборалар:
142. Моддий нуқта ва механик системанинг кинетик энергияси. Таянч иборалар:
143. Моддий нуқта ва механик система кинетик энергиясининг ўзгариши ҳақидаги теореманинг турли кўринишлари. Таянч иборалар:
144. Механика фанининг ривожланишига ўзбек олимларининг қўшган ҳиссаси.
145. Текисликда жойлашган жуфт куч ҳақида тушунча.
146. Жуфт кучнинг моменти.
147. Текисликдаги жуфтларни қўчириш ҳақидаги теорема.
148. Текисликдаги жуфт кучларни қўшиш ҳақидаги теорема.
149. Жуфтлар ҳақида теорема.
150. Текисликдаги жуфтларнинг мувозанат шартлари.
151. Фазодаги жуфт кучлар.
152. Фазодаги жуфтнинг моменти.

153. Фазода жуфтларни қўшиш ҳақидаги теорема.
154. Фазодаги жуфтларни мувозанат шартлари
155. Сирпаниб ишқаланиш.
156. Асосий конунлар.
157. Ишқаланиш коэффициентини аниқлаш усуллари.
158. Ишқаланиш бурчаги.
159. Ишқаланиш конуси.
160. Мувозанат масалаларини ечишда ишқаланиш кучини ҳисобга олиш.
161. Думалашдаги ишқаланиш
162. Параллел кучларни қўшиш.
163. Параллел кучларни маркази.
164. Бир жинсли жисмларни оғирлик маркази координаталарини аниқлаш.
165. Содда шаклларни оғирлик маркази.
166. Оғирлик маркази координаталарини аниқлашнинг усуллари.
167. Тўғри чизиқли текис ҳаракат.
168. Тўғри чизиқли ўзгарувчан ҳаракат.
169. Эгри чизиқли текис ҳаракат.
170. Эгри чизиқли ўзгарувчан ҳаракат.
171. Гармоник тебранма ҳаракат.
172. Винт ҳаракат.
173. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаганда, горизонтга нисбатан бурчак остида отилган жисмнинг ҳаракати.
174. Механик система ва қаттиқ жисмнинг кутбга, ўққа ва текисликка нисбатан инерция моментлари ҳақидаги теорема.
175. Инерция радиуси.
176. Жисмнинг ўзаро параллел ўқларга нисбатан инерция моментлари ҳақидаги теорема.
177. Баъзи бир жинсли жисмлар (стержень, халқа, цилиндр, диск, тўғри туртбурчак, шар) нинг ўққа нисбатан инерция моментлари.
178. Марказдан қочма инерция моментлари.
179. Қаттиқ жисмнинг кинетик моменти.
180. Қаттиқ жисм айланма ҳаракатининг дифференциал тенгламаси.
181. Қаттиқ жисм илгариланма ҳаракатининг дифференциал тенгламалари.
182. Қаттиқ жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофидаги айланма ҳаракати дифференциал тенгламаси.

Reyting-nazoratini o'tkazish.

Talabalar tomonidan fanni muvaffaqiyatli o'zlashtirish darajasini aniqlash ma'ruzachi va amaliy mashg'ulotlarni olib boruvchi o'qituvchilar tomonidan, mashg'ulotlarda nazariy bilimlarni o'zaki so'rash, uy vazifalari va xisob-grafik topshiriqlarini bajarishni tekshirish xamda chegaraviy nazoratlar o'tkazish usulubi yordamida amalga oshiriladi. Bunda institut tomonidan tasdiqlangan nizomga asoslanib (kafedrada o'qitiladigan fanlarning xususiyatlari e'tiborga olinib), talabalarning uzlashtirish kursatkichi ya'ni reyting ballari quyidagi jadval asosida aniklanadi.

№	Nazorat Ko'rsatkichlari	Nazorat oluvchi o'qituvchi	Nazorat ballari				JBQOB ball		Jami
			JB-1	JB-2	JB-3	JB-4	OB-1	OB-2	
1.	Ma'ruzani konspekt kilish	M O'	-	-			3	3	6
2.	Masalalarni mustakil yechish (yozma ish)	A O'	5	5	5	5	-	-	20
3.									
4.	Nazariy savollarga javob berish (yozma ish)	M O'	-	-			10	10	20
5.	Xisob grafik ish (XGI)larni bajarish: 1-XGI uchun (1ta ish bajaradi) 2-XGI uchun (1ta ish bajaradi) 3-XGI uchun (1ta ish bajaradi) 4-XGI uchun (1ta ish bajaradi)	A O'	4	4	4	4	-	-	4 4 4 4
6.	Mustakil ta'lim mavzularini bajarish	M O', A O'					3	3	6
7.	Talabaning tashabbusi	M O', A O'					1	1	2
	Jami:		9	9	9	9	17	17	70

Yakuniy baxolash yozma ish variantlari

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT – 1

1. Absolyut qattiq jism tayanadigan sillik sirtning reaksiya kuchi qanday yo'nalgan? Jismning mazkur sirtga bosimi qanday yo'nalari?
2. Moddiy nuqtaning traektoriya bo'yicha xarakat konuni yoki tenglamasi deb nimaga aytiladi?
3. Bo'lanishdagi moddiy nuqta uchun dinamika asosiy tenglamasini yozing.

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-2

1. Bo'lanish reaksiya kuchi deb nimaga aytiladi?
2. Moddiy nuqta xarakati qanday usullarda beriladi?
3. Moddiy nuqta majburiy tebranma xarakatining (muxitni qarshiligi xisobiga olinmagan) differentsial tenglamasini yozing.

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-3

1. Uch kuch teoremasi nimadan iborat?
2. Tekis o'zgaruvchan xarakat konuni va grafigi qanday?
3. Moddiy nuqta majburiy tebranma xarakat (muxit qarshiligi xisobga olinmagan) konunini yozing.

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-4

1. Kuchning o'z ta'sir chiziği bo'ylab ko'chirilganda uning momenti qanday o'zgariladi?
2. Moddiy nuқта tezlanish vektori bilan tezlik vektori orasida qanday borlanish bor?
3. Nyutonning birinchi qonunini ayting?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-5

1. Qanday shart bajarilganda ikkita juft ekvivalent bo'ladi?
2. Tezlik va tezlanish yo'naltiruvchi kosinuslari qanday aniqlanadi?
3. Nyutonning ikkinchi qonunini ayting?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-6

1. Puanso lemmasi qanday ta'riflanadi?
2. Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidağı aylanma xarakat qonuni yoki tenglamasini yozing.
3. Nuқта dinamikasining birinchi masalasini izoxlang?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-7

1. Parallel kuchlar markazining radius-vektorini topish formulasini yozing.
2. Chiziqli tezlikning Dekart koordinata o'qlardagi proektsiyalari qanday aniqlanadi?
3. Nukta dinamikasining ikkinchi masalasini ayting?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-8

1. Jismning o'g'irlik markazi qanday aniqlanadi?
2. Moddiy nuqtaning absolyut tezligi qanday aniqlanadi?
3. Dinamikada kuch $\vec{F}$ mexanik kattaligi qaysi kattaliklarni funktsiyasi sifatida keladi?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-9

1. Kuchning tekislikdagi proektsiyasini tushuntiring va formulasini yozing.
2. Nuqtaning nisbiy va ko'chirma tezlanishi nima?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-10

1. Bosh momenti bilan bosh vektor orasidagi burchakni topish formulasini yozing.
2. Qanday xolda Koriolis tezlanish nolga teng bo'ladi?
3. Garmonik tebranma xarakat deb nimaga aytiladi?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
A.Karimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT - 11

1. Absolyut qattik jism tayanadigan sillik sirtning reaksiya kuchi qanday yo'nalgan? Jismning mazkur sirtga bosimi qanday yo'nalari?
2. Moddiy nuqtaning traektoriya bo'yicha xarakat konuni yoki tenglamasi deb nimaga aytiladi?
3. Bo'lanishdagi moddiy nuqta uchun dinamika asosiy tenglamasini yozing.

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-12

1. Bo'lanish reaksiya kuchi deb nimaga aytiladi?
2. Moddiy nuqta xarakati qanday usullarda beriladi?
3. Moddiy nuqta majburiy tebranma xarakatining (muxitni qarshiligi xisobiga olinmagan) differentsial tenglamasini yozing.

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-13

1. Uch kuch teoremasi nimadan iborat?
2. Tekis o'zgaruvchan xarakat konuni va grafigi qanday?
3. Moddiy nuqta majburiy tebranma xarakat (muxit qarshiligi xisobga olinmagan) konunini yozing.

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-14

1. Kuchning o'z ta'sir chiziri bo'ylab ko'chirilganda uning momenti qanday o'zgariladi?

2. Moddiy nuqta tezlanish vektori bilan tezlik vektori orasida qanday boʻlanish bor?
3. N yutonning birinchi konunini ayting?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-15

1. Qanday shart bajarilganda ikkita juft ekvivalent boʻladi?
2. Tezlik va tezlanish yoʻnaltiruvchi kosinuslari qanday aniqlanadi?
3. N yutonning ikkinchi konunini ayting?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-16

1. Puanso lemmasi qanday taʼriflanadi?
2. Qattiq jismning qoʻzgʻalmas oʻq atrofida aylanma xarakat konuni yoki tenglamasini yozing.
3. Nuqta dinamikasining birinchi masalasini izoxlang?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-17

1. Parallel kuchlar markazining radius-vektorini topish formulasini yozing.
2. Chiziqli tezlikning Dekart koordinata oʻqlardagi proektsiyalari qanday aniqlanadi?
3. Nuqta dinamikasining ikkinchi masalasini ayting?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-18

1. Jismning oʻqirlik markazi qanday aniqlanadi?

2. Moddiy nuqtaning absolyut tezligi qanday aniqlanadi?
3. Dinamikada kuch $\vec{F}$ mexanik kattaligi qaysi kattaliklarni funktsiyasi sifatida keladi?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-19

1. Kuchning tekislikdagi proektsiyasini tushuntiring va formulasini yozing.
2. Nuqtaning nisbiy va ko'chirma tezlanishi nima?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari
VARIANT-20

1. Bosh momenti bilan bosh vektor orasidagi burchakni topish formulasini yozing.
2. Qanday xolda Koriolis tezlanish nolga teng bo'ladi?
3. Garmonik tebranma xarakat deb nimaga aytiladi?

**Tayyorladi: X.Isaxanov
.AKarimov**

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT - 1

1. Absolyut kattik jism tayanadigan sillik sirtning reaksiya kuchi qanday yo'nalgan?
2. Jismning mazkur sirtga bosimi qanday yo'nalari?
3. Moddiy nuqtaning traektoriya bo'yicha xarakat konuni yoki tenglamasi deb nimaga aytiladi?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-2

1. Boʻlanish reaksiya kuchi deb nimaga aytiladi?
2. Moddiy nuqta xarakati qanday usullarda beriladi?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-3

1. Uch kuch teoremasi nimadan iborat?
2. Tekis oʻzgaruvchan xarakat konuni va grafigi qanday?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-4

1. Kuchning oʻz taʼsir chiziqi boʻylab koʻchirilganda uning momenti qanday oʻzgariladi?
2. Moddiy nuqta tezlanish vektori bilan tezlik vektori orasida qanday boʻlanish bor?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-5

1. Qanday shart bajarilganda ikkita juft ekvivalent bo'ladi?
2. Tezlik va tezlanish yo'naltiruvchi kosinuslari qanday aniqlanadi?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-6

4. Puanso lemmasi qanday ta'riflanadi?
2. Qattiq jismning ko'zgalmas o'q atrofidagi aylanma xarakat konuni yoki tenglamasini yozing.
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-7

1. Parallel kuchlar markazining radius-vektorini topish formulasini yozing.
2. Chiziqli tezlikning Dekart koordinata o'qlardagi proektsiyalari qanday aniqlanadi?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-8

1. Jismning o'irlik markazi qanday aniqlanadi?
2. Moddiy nuqtaning absolyut tezligi qanday aniqlanadi?
3. Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: X.Isaxanov.AKarimov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-9

- 1.Kuchning tekislikdagi proektsiyasini tushuntiring va formulasini yozing.
- 2.Nuqtaning nisbiy va ko'chirma tezlanishi nima?
- 3.Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?

Tayyorladi: A.Karimov.X.Isaxanov

“Nazariy mexanika” fanidan Yakuni nazorat savollari

VARIANT-10

- 1.Tebranma xarakatni izoxlaydigan asosiy parametrlarni yozing?
- 2.Bosh momenti bilan bosh vektor orasidagi burchakni topish formulasini yozing.
- 3.Kanday xolda Koriolis tezlanish nolga teng bo'ladi?

Tayyorladi: A.Karimov.X.Isaxanov

«Назарий механика усуллари
ва моделлари» уқув фанининг
структураси

Маъруза машгулотлари

1-мавзу. Каттик жисм статикасининг асосий тушунчалари

2-мавзу. Уч куч мувозанати ҳаракати ҳақидаги теорема

3-мавзу. Текисликда параллел ва жуфт кучлар назарияси

4-мавзу. Текисликда кучлар системаси

5-мавзу. Фазода кучлар системаси

6-мавзу. Жисмнинг огирлик маркази ва уни аниқлаш

7-мавзу. Нуқта кинематикаси. Асосий тушунчалар

8-мавзу. Каттик жисмнинг енг содда ҳаракати

9-мавзу. Каттик жисмнинг текис параллел ҳаракати

Амалий машгулотлар

1-мавзу. Текисликдаги кесишувчи кучлар мувозанатига доир масалалар

2-мавзу. Икки жисм мувозанатига доир масалалар

3-мавзу. Текисликда ихтиёрий кучларнинг мувозанатига доир

4-мавзу. Фазода кесишувчи кучлар системаси мувозанатга доир

5-мавзу. Фазода ихтиёрий йўналган кучлар системасига доир

6-мавзу. Каттик жисмнинг огирлик марказига доир

7-мавзу. Нуқтанинг тезлик ва тезланишига доир

8-мавзу. Каттик жисмнинг илгарланма ва айланма ҳаракатига доир

9-мавзу. Каттик жисмнинг текис параллел ҳаракатига доир

10-мавзу Нуктанинг мураккаб ҳаракати

11-мавзу Еркин моддий нукта ҳаракатининг
дифференциал тенгламалари

12-мавзу Моддий нуктанинг нисбий ҳаракат
дифференциал тенгламалари

13-мавзу Моддий нуктанинг сунувчи тебранма
ҳаракати

14-мавзу Моддий нукта учун динамиканинг
умумий теоремалари

15-мавзу Нуктанинг кинетик энергияси ва унинг
ўзгариши ҳақидаги теорема

16-мавзу Инерция моментлари

17-мавзу Система ҳаракат миқдори моменти ва
унинг ўзгариши

18-мавзу Моддий нукта ва механик система учун
энергияни сақланиш қонуни

10-мавзу Текис параллел ҳаракатидаги каттик жисм
нукталарининг тезланишига доир

11-мавзу Нуктанинг берилган ҳаракат қонунига
асосан таъсир этувчи кучга доир

12-мавзу Нуктанинг таъсир қилувчи берилган
кучларга доир

13-мавзу Моддий нуктанинг еркин ва сунувчи
тебранма ҳаракатига доир

14-мавзу Нуктанинг ҳаракат миқдори моменти ва
кинетик энергиясига доир

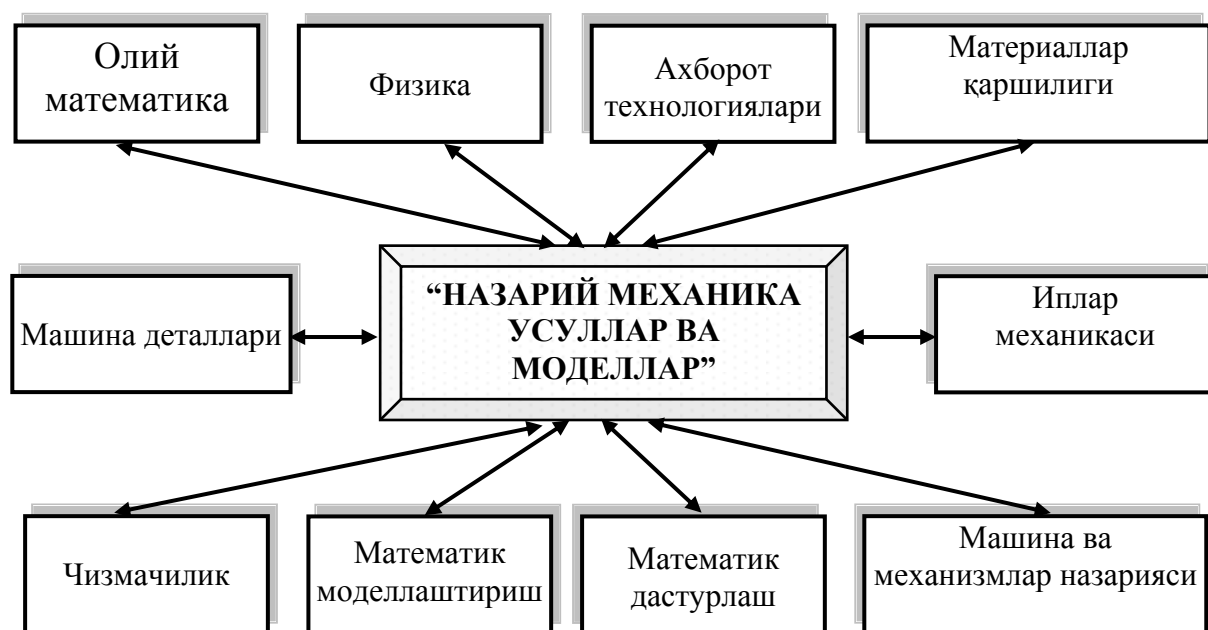
15-мавзу Система масса маркази ва инерсия
моментига доир

16-мавзу Система массалар маркази ҳаракати
ҳақидаги теоремага доир

17-мавзу Система ҳаракат миқдори доир
масалалар

18-мавзу Система ҳаракат миқдори моментига
доир

*«Nazariy mexanika» fanining
boshqa fanlar bilan aloqasi*



2-Slayd (1.1.)

**«Назарий
механика»
фани
ўрганиши
лозим бўлган
муаммолар**

Фаннинг предмети, мазмуни ва асосий вазифалари

Статика бўлимини ўрганиш ва масалалар ечиш

Кинематика бўлимини ўрганиш ва масалалар ечиш

Динамика бўлимини ўрганиш ва масалалар ечиш

Талабаларни мунтазам назорат қилиб бориш

Ҳар бир ҳисоб лойиҳа ишлари бўйича масалалар ўргатиш

Талабаларга компьютерларда тест саволлари бериш

Оралиқ ва жорий назоратлар олиш

Рейтинг баҳолаш

Мавзулар бўйича саволлар бериш

Ҳисоб лойиҳа ишларини талабалардан ўз вақтида қабул қилиш

Ўқув жараёнида талабалар билимларини назорат қилиш

Якуний назорат олиш ва оғзаки саволлар бериш



Назарий механика фанидаги ҳар бир бўлим бўйича мавзуларни тартибга келтириш

Назарий механика масалаларига янги чизмалар киритиш

Ўқув методикаларни мукаммаллаштириш

Назарий механика ҳисоб лойиҳа ишларини мукаммаллаштириш

Магистирлар учун янги ўқув дастур ишлаб чиқиш ва дастур бўйича иш олиб бориш

Ўқув дарсликларнинг электрон вариантини талабаларга етказиш

Назарий механика ҳисоб лойиҳа ишларини кўргазмалар қурол сифатида ишлаб чиқиш

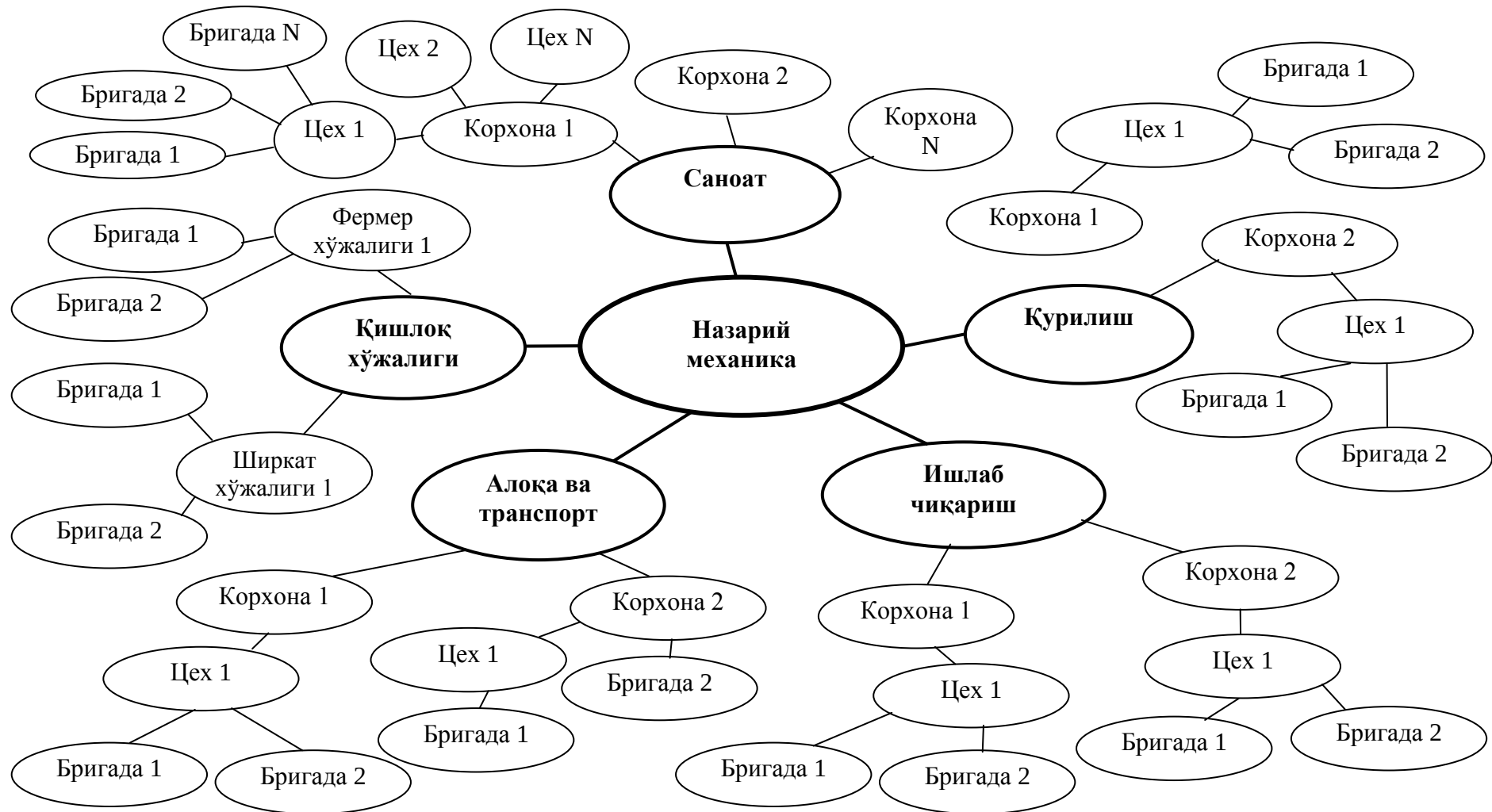
Талабалар билан масофа орқали ўқитиш ишларини йўлга қўйиш

Янги билим беришнинг замонавий дастурини ишлаб чиқиш

О'ҚУВ MATERIALLARI

4-Ilova (1.1)

Nazariy va Amaliy mexanika tuzilishi



MUNDARIJA

Namunaviy o'quv dasturi	3-12
Ishchi o'quv dasturi	13-20
Kalendar reja	21-25
Adabiyotlar ro'yxati	26-27
Savolnomalar	28-34
Ma'ruza matnlari to'plami	35-222
Amaliy mashg'ulot uchun uslubiy ko'llanma.....	223-280
Fan bo'yicha mustaqil ish mavzulari.....	281-282
Tarkatma materiallar.....	283-320
Fan bo'yicha referat mavzulari.....	321-322
Oraliq nazorat o'tkazish bo'yicha test savollari.....	323-336
Talabalarni yakuniy baholashda yozma ish variantlari.....	337-349
Talabalarning reytingini aniqlash mezonlari.....	350
.	

