O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O’RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA KAFEDRASI

NAZARIY MEXANIKA

FANIDAN O’QUV-USLUBIY MAJMUA

Bilim sohasi: **100000-Gumanitar fanlar**
Ta’lim sohasi: **140000 – Tabiiy fanlar**
Ta’lim yo’nalishi: **5140200 - Fizika**

Guliston – 2020

Samatov G'. B., Nazariy mexanika fanidan o'quv-uslubiy majmua. Guliston-2020. 165 bet.

Ushbu o'quv-uslubiy majmua 5140200-fizika bakalavriat ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan talabalarga mo'ljallangan. O'quv-uslubiy majmua Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan 2019 yil tasdiqlangan nazariy mexanika fani namunaviy dasturi ( ) talablari asosida tayyorlangan.

Mualliflar: f.m.f.n. dots. Samatov G'.B..(GulDU)
Taqrizchilar: f.-m.f.d., prof. Olimov Q. (FTI, O'z.F.A.)
F.m.f.n., dots. . Elmurodov R.

O'quv -uslubiy majmua Guliston davlat universiteti Ilmiy kengashi tomonidan (bayonnoma 2020 yil) ko'rib chiqilgan va o'quv jarayonida qo'llashga tavsiya etilgan.

MUNDARIJA

K I R I S h

Amaldagi 5140200- fizika bakalavriat ta’lim yo’nalishi davlat ta’lim standartlari hamda “nazariy mexanika” fanining o’quv dasturiga (2019) muvofiq talabalar назарий mexanika kursi bo’yicha egallanishi lozim bo’lgan bilim, ko’nikma, malaka va kompetentsiyalarni shakllantirishni, o’quv jarayonini kompleks loyihalash asosida kafolatlangan natijalarni olishni, mustaqil bilim olish va o’rganishni hamda nazoratni amalga oshirishni ta’minlaydigan, talabaning ijodiy qobiliyatlarini rivojlantirishga yo’naltirilgan o’quv –uslubiy manbalar, didaktik vositalar va materiallar, elektron ta’lim resurslari, o’qitish texnologiyasi, baholash metodlari va mezonlarini o’z ichiga oladi.

1.1. Fanning maqsadi va vazifalari

« Nazariy mexanika» fanining maqsadi 5140200-fizika bakalavriat ta’lim yo’nalishi bo’yicha ta’lim oluvchi talabalar nazariy fizikaning dastlabki kursi bo’yicha ta’lim berish, ilmiy tadqiqot ishlarida uni qo’llay olish, назарий mexanika fani asosida yotuvchi fizikaviy faktlar va uning yaratilishi hamda paydo bo’lishiga eng ko’p xissa qo’shgan olimlar tomonidan qilingan ishlar bilan tanishtirish, ularga norelyativistik, ya’ni klassik va relyativistik mexanika tenglamalarini chuqur o’zlashtirish va ularni fizik jarayonlarga qo’llash, назарий mexanika qonuniyatlarini qanoatlantiruvchi fizikaviy jarayonlar to’g’risida aniq tasavvurlarga ega bo’lish, Lagranj va Gamilton funktsiyalari, tenglamalari va uning mazmunini ifodalash, asosiy mexanikaviy fizik kattaliklar haqida tushuncha bera olish, saqlanish qonunlari haqida keng tasavvurga ega bo’lgan holda bular bo’yicha boshqalarga tushuncha beraolish hamda ularni zarur bo’lganda qo’llay olish, moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi hamda qattiq jism bilan bog’liq barcha qonuniyatldarni tahlil qilaolish va shular haqida tushunchalarni shakllantirishdan iborat.

“Nazariy mexanika” fanidan darslarni yuqori ilmiy-pedagogik darajada tashkil etilishi, muammoli mashg’ulotlar o’tkazilishi, darslarni savol-javob tarzida qiziqarli tashkil qilinishi, ilg’or pedagogik texnologiyalardan va multimediya qo’llanmalaridan samarali foydalanish, talabalarni mustaqil fikrlashga undaydigan, o’ylantiradigan muammoli savollarni ular oldiga qo’yish, talabchanlik, tinglovchilar bilan individual ishlash, ijodkorlikka yo’naltirish, erkin muloqotga kirishishga, ilmiy izlanishga jalb qilish va boshqa tadbirlar fan mavzularini chuqur egallashni ta’minlaydi.

O’quv-uslubiy majmua quyidagilarni o’z ichiga oladi:

1. Nazariy mexanika fani sillabusi.
2. Nazariy materiallar(ma’ruzalar kursi).
3. Amaliy mashg’ulotlarni bajarish bo’yicha uslubiy ko’rsatmalar.
4. Talabalar mustaqil ishlari bo’yicha materiallar (mustaqil ish topshiriqlari).
5. Nazorat savollari va testlar.
6. Glossariy.
7. Informatsion-uslubiy ta’minot

Ilovalar:

1. Namunaviy va ishchi o’quv dasturlari.
2. Ingliz va rus tilidagi xorijiy o’quv materiallari(elektron shaklda)
3. Taqdimot va multimediya vositalari(elektron shaklda)
4. Qo’shimcha didaktik materiallar.

Mazkur o’quv-uslubiy majmua “Nazariy mexanika ” fanidan Vazirlikning 2017 yil 1 mart 107-sonli buyrug’i bilan tasdiqlangan “Oliy ta’lim o’quv rejalari fanlarining yangi o’quv majmualarini tayyorlash bo’yicha uslubiy ko’rsatma” asosida yaratilgan. O’quv - uslubiy majmua zamonaviy pedtexnologiya talablariga mos ravishda ishlanib, unda o’quv maqsadlari, nazorat savollari va mustaqil ish topshiriqlari keltirilgan.

Manzilimiz: 120100. Guliston shahri, 4-mavze, Universitet,

“Fizika” kafedrasi.

“Nazariy mexanika” fanining SILLABUSI.

(2020 -2021 o’quv yili)

Kafedra nomi	F I Z I K A	
O’qituvchi haqida ma’lumot	F.-m.f.n., доцент Samatov G’.B.	
Semestr va o’quv kursining davomiyligi	Semestr va jami soat	
O’quv soatlari hajmi:	Jami:	163
	Shuningdek:	
	Ma’ruza	41
	Amaliy mashg’ulot	44
	Mustaqil ta’lim	78
Yo’nalish nomi va shifri	F i z i k a	5140200

Kursning predmeti va mazmuni: Nazariy mexanika fani mexanik harakatdagi jismlarni moddiy nuqta, mexanik sistema va qattiq jism kabi modellar ko’rinishida tasavvur qilib, ularning mexanik harakatini yaratilgan nazariy qonuniyatlar asosida o’rganadigan fandir. Talabalar nazariy mexanika va umuman mexanika fanining rivojlanish tarixi va bo’limlari, mexanik harakatni o’rganishda qo’llaniladigan zamonaviy va klassik metodlar, norelyativistik, ya’ni klassik va relyativistik mexanika tenglamalarini chuqur o’zlashtirish va ularni fizik jarayonlarga qo’llash, nazariy mexanika qonuniyatlarini qanoatlantiruvchi fizikaviy jarayonlar to’g’risida aniq tasavvurlarga ega bo’lish, Lagranj va Gamilton funktsiyalari, tenglamalari va uning mazmunini ifodalash, asosiy mexanikaviy fizik kattaliklar haqida tushuncha bera olish, saqlanish qonunlari haqida keng tasavvurga ega bo’lgan holda bular bo’yicha boshqalarga tushuncha beraolish hamda ularni zarur bo’lganda qo’llay olish, moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi hamda qattiq jism bilan bog’liq barcha qonuniyatldarni tahlil qilaolish va shular haqida tushunchalar bilan tanishadilar.

Kursni o’qitishning maqsad va vazifalari:

1. 5140200-fizika bakalavriat ta’lim yo’nalishi bo’yicha ta’lim oluvchi talabalar nazariy fizikaning dastlabki kursi bo’yicha ta’lim berish, ilmiy tadqiqot ishlarida uni qo’llay olish, nazariy mexanika fani asosida yotuvchi fizikaviy faktlar va uning yaratilishi hamda paydo bo’lishiga eng ko’p xissa qo’shgan olimlar tomonidan qilingan ishlar bilan tanishtirish va ularni qo’llay olishdan iborat.

2. “Nazariy mexanika” fanidan darslarni yuqori ilmiy-pedagogik darajada tashkil etilish, muammoli mashg’ulotlar o’tkazish, darslarni savol-javob tarzida qiziqarli tashkil qilish, ilg’or pedagogik texnologiyalardan va multimediya qo’llanmalaridan samarali foydalanish, talabalarni mustaqil fikrlashga undaydigan, o’ylantiradigan muammoli savollarni ular oldiga qo’yish, talabchanlik, tinglovchilar bilan individual ishlash, ijodkorlikka yo’naltirish, erkin muloqotga kirishishga, ilmiy izlanishga jalb qilish orqali tushuncha va ko’nikmalarni shakllantirishdan iborat.

MA’RUZALAR KURSI.

1-mavzu.Umumlashgan koordinatalar.Eng qiska ta’sir printsipi.Galileyning nisbiylik printsipi.

Asosiy savollar:

1.Umumlashgan koordinata, tezlik, impuls.
2.Eng kichik ta’sir printsipi.
3.Galileyning nisbiylik printsipi.

Mavzuga oid tayanch tushuncha va iboralar:

Moddiy nukta	Vaqt mamenti	Defferintsial
Radius vektor	Xosila	Limit
Koordinata	Mexanik xolat	Sanoq sistemasi
Tezlik	Xarakat tenglamasi	Inertsial
Tezlanish	Ta’sir	Noinertsial
Erkinlik darajasi	Eng kichik ta’sir	Nisbiylik
Umumlashgan koordinata	Umumlangan impuls	Umumlashgan tezlik
Funktsiya	Variatsiya	Xarakat integrali
Funktsiya minimumi	Sistema xolati	Galiley almashtirishlari

1-asosiy savol: Umumlashgan koordinata,tezlik, impuls

1-asosiy savolning maqsadi:

Umumlashgan koordinata,tezlik va impulslar to’g’risida tushuncha xosil qilish.

Identiv o’quv maqsadlari:

1. Talaba koordinata, impuls, tezlik kabi kattaliklarning fizik moxiyatini tushunadi.
2. Umumlashgan tezlik, umumlashgan tezlanish, umumlashgan impuls va umumlashgan kuchlar haqida tushuncha hosil qiladi.
3. Koordinata, tezlik va impuls kabi kattaliklar orasidagi bog’lanishlarni ajrata oladi va tushunadi.

1-asosiy savolning bayoni:

Mexanikadagi eng asosiy tushunchalardan biri moddiy nuqta tushunchasidir.Moddiy nuqta deganda qaralayotgan masalada o’lchamlarini e’tiborga olmaslik mumkin bo’lgan moddiy jism tushuniladi.Masalan, planetani Quyosh atrofida xarakatlanayotganida moddiy nuqta sifatida qarash mumkin, lekin uning sutkalik xarakatini o’rganishda bunday qarash to’g’ri bo’lmaydi.

Moddiy nuqtaning fazodagi vaziyati uning biror r-radius –vektori orqali aniqlanadi. Bu radius vektorini tashkil etuvchilari bo’lib, uning Dekart koordinatali x, y, z bilan mos tushadi. Radius vektordan vaqt bo’yicha xosilaga

$$\vec{V}=\frac{d\vec{r}}{dt}$$

Tezlik deb aytiladi, vaqt bo'yicha ikkinchi tartibli xosila esa tezlanishdir –

$$\frac{d^2r}{dt^2}$$

N ta moddiy nuqtadan iborat sistema xolatini fazoda aniqlash uchun N ta radius-vektor, ya'ni 3 N ta koordinata berilishi kerak.Umuman olganda sistema xolatini aniqlash uchun zarur bo'lgan mustaqil o'zgaruvchilar soniga sistemaning erkinlik darajalari deyiladi.Bu kattaliklar albatta Dekart koordinatalari bo'lishi shart emas. Ixtiyoriy s ta $q_{1<}q_2,q_3\dots\dots\dots q_5$ sistemani xarakterlovchi kattaliklarga ***umumlashgan koordinatalar***, ularning xosilalariga esa $\dot{q}$ –***umumlashgan tezliklar*** deyiladi.

Sistema xolatini aniqlash uchun faqatgina umumlashgan koordinatalarning ma'lum bo'lishi etarli emas, buning uchun umumlashgan tezliklar xam to'la berilishi shartdir. Matematik nuqtai nazardan bir vaqtning o'zida umumlashgan koordinata va texliklarning berilishi shu vaqt uchun tezlanishni xam aniqlash imkonini beradi.

Xarakat tezlanishini uning koordinatalari va tezliklari bilan bog'lovchi tenglamalarga **xarakat tenglamalari** deyiladi. q(t) Funktsiyalarga nisbatan bu tenglamalar ikkinchi tartibli differtsial tenglamalar bo'lib,ularni integrallash orqali bu funktsiyalar topiladi, ya'ni xarakat traektoriyasi aniklanadi.

Nazorat topshiriqlari.

1.Moddiy nuqta tushunchasini ta'riflang?

2.Moddiy nuqtaga misol keltiring.

3.Tezlik ifodasini qo'rsating.

A) V= st B)V= $\frac{dr}{dt}$ S) V= $\frac{d^2r}{dt}$ D)V= $\frac{t}{s}$ E)V= $\frac{d^2s}{dt}$

4.Erkinlik darajasi deganda nimani tushunasiz

5.Umumlashgan kattaliklarning ma'nosi nima.

2-asosiy savol: Eng kichik ta'sir printsipi.

2-asosiy savolning maqsadi:

Eng kichik ta'sir printsipi bilan tanishtirish va uning zaruriyati.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Eng kichik ta'sir printsipini biladi.
2. Lagranj funtsiyasi bilan tanishadi.
3. Lagranj tenglamasini yoza oladi va tushuntirib beradi.

2-asosiy savolning bayoni:

Mexanik sistemaning xarakat qonunining umumiy ta'rifi eng qisqa ta'sir printsipi (Gamilton printsipi)orkali beriladi.

Shu printsipga asosan, xar bir mexanik sistema ma'lum bir funktsiya bilan xarakterlanadi:

L (q , q, ,.................. q, q, q,...........q, t)

kisqacha

L (q, q, t)

Faraz qilaylik, sistema tqt va tqt vaqt mamentlaridi q va q koordinatalar to'plami bilan xarakterlansin.

Turli xolatlar orasida quyidagi

$$S = \int_{t_{11}}^{t^2} L(q,q,t)dt \qquad (2)$$

integral eng kichik qiymatga erishiladigan xolatda sistemaning xarakati sodir bo'ladi. L funktsiyaga berilgan sistema uchun **Lagranj funktsiyasi** deyiladi va (2) integralga **ta'sir** deb aytiladi.

Lagranj fuktsiyasi faqatgini q va q ga bog'lik bo'lganligi sababli, mexanik xolat to'laligicha koordinita va tezliklarning berilishi bilan aniqlanadi.

Faraz qilaylik q_q q (t) funktsiya, S integralga minimum beriladigin funktsiya bo'lsin. Demak, q (t) ni q (t) Q q (t) qo'rinishidagi funktsiyaga almashtirsak S integral o'z aniqlanish soxasida o'sadi. q (t) - t, dan t gacha vaqt oralig'ida etarlicha kichik bo'ladi

$$\mathop{S}_{t_1}^{t_2} L(q+\delta q, q+\delta q, t)dt - \int_{t_1}^{t_2} l(q,q,t)dt \qquad (3)$$

Ushbu ayirmani $\int q$ va $\int q$ larning darajalari bo'yicha yoyilmalari birinchi xadlardanadi. S- integral minimalligining asosiy sharti bu xadlarning nolga aylanishi bilan aniqlanadi.Bu xolga integralning birinchi variatsiyasi (yoki variatsiya) deb ataladi.

Shunday qilib, eng qiska ta'sir printsipini

$$\delta S = \delta S_{t_1}^{t^2} L(q,q,t)dt = o \qquad (4)$$

qo'rinishida yozishimiz mumkin.

$$S_{t_1}^{t^2} (\frac{\partial l}{\partial q} + \frac{\partial l}{\partial q}\delta q)dt = 0 \qquad (5)$$

ifodadagi $\delta q = \frac{d}{dt}\delta q$ ni xisobga olib, ikkinchi xadni bo'laklab integrallaymiz.

$$\delta S = \frac{\partial l}{\partial q}\delta q\Big|_{t1}^{t2} + S(\frac{\partial L}{\partial q} - \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q})\delta q \delta t = 0 \qquad (6)$$

yuqoridagi shartga asosan 1- xadni teng desak, integral q ning ixtiyoriy kiymatida nol bo'lishi uchun, integral ostidagi ifoda aynan nol bo'lishi kerak:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q} - \frac{\partial L}{\partial q} = 0 \qquad (7)$$

S-ta erkinlik darajasiga ega sistema uchun s ta tenglama olinadi.

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q_2} = 0 \qquad (lq1,2.........S) \qquad (8)$$

Bu tenglamalarga **Lagranj tenglamalari** deyiladi.

Agar mexanik sistema A va V kabi ikki qismdan iborat bo'lib, xar biri L(f) va L(B) Lagranj funktsiyalariga ega bo'lsa va ularni o'zaro ta'sirlashmaydigan darajada uzoqlashtirsak, bunday sistema uchun to'la Lagranj funktsiyasi quydagi limitga intiladi.

$$L = L(A) + L(B) \qquad (9)$$

Bu xolatga Lagranj funktsiyasining additivlik xususiyati deyiladi. Mexanik sistemaning Lagranj funktsiyasini ixtiyoriy doimiyga ko'paytirish natijasida xarakat tenglamari, ya'ni Lagranj tenglamalari o'zgarmaydi.

Shunday qilib, Lagranj funktsiyasi unga ixtiyoriy koordinata, vaqt funktsiyasi to'la differentsialini qo'shishgacha aniqlikda topilgan.

Nazorat topshiriqlari.

1.Eng kichik ta'sir printsipini ta'riflab bering.

2.Lagranj fuktsiyasi qanday funktsiya.

3.Lagranj tenglamasini yozing.

A) $\partial L / \partial q = \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q}$ B) $L = T - u$ V) $dL = T + U$ S) $\partial \ell / \partial q = \frac{d}{dt}\frac{dL}{dq}$ D) $\frac{\partial L}{\partial q} = \frac{\partial L}{\partial t}$

4.Lagranj tenglamasini tushuntiring.

3-asosiy savol: Galiliyning nisbiylik printsipi

3-asosiy savolning maqsadi:
Galiliyning nisbiylik printsipi bilan tanishish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1.Talaba sanoq sistemasini biladi va zaruriyatni tushunadi.
2.Bir jinsli va izotrop fazoni tushunadi.
3.Inertsiya qonunini tushunadi.
4.Galileyning nisbiylik printsipini tushuntirib bera oladi.

3- asosiy savolning bayoni:
Mexanik xodisalarni o'rganish uchun u yoki bu sanoq sistemalarini tanlash zarur.Turli sanoq sistemalarida xarakat qonunlari umuman olganda turlicha qo'rinishga ega. Ixtiyoriy sanoq sistemasini olsak, ba'zi bir sodda xodisalar xam murakkab ko'rinishga ega bo'lishi mumkin.Tabiiyki, bu xolda qaralayotgan xodisalar soddaroq qo'rinish kasb etadigan sanoq sistemasini topish zaruriyati paydo bo'ladi.

Ixtiyoriy tanlab olingan sanoq sistemasi uchun fazo bir jinsli va izotrob emas. Bu degan so'z,mexanik sistemaning fazodagi turli xil orientatsiyalari mexanik jixatdan ekvivalent emas. Xuddi shunday fikrlarni vaqt uchun xam aytish mumkin, vaqt xam nobirjinsli xisoblanadi.

Shunday sanoq sistemalarini topish mumkinki, ularga nisbatan fazo bir jinsli bo'ladi. Bunday sanoq sistemalari deyiladi.
Bunday sanoq sistemasi topilgandan so'ng,erkin xarakatlanuvchi moddiy nuqta uchun Lagranj funktsiyasining ko'rinishini aniqlaymiz. Fazo va vaqtning bir jinsliligiga asosan bir funktsiya oshkor xolda nuqtaning r-radius- vektoriga ,vaqtga xam bog'liq emas, ya'ni Lagranj funktsiyasi faqat tezlik fuktsiyasi xisoblanadi.Fazoning izotpropligiga asosan, Lagranj funktsiyasi v –vektorning yo'nalishiga bog'lik bo'lmay faqatgina qiymatiga bog'liqdir:

$$L = L(v^2) \qquad (10)$$

Lagranj funktsiyasi r-radius-vektorga bog'liq bo'lmaganligi sababli bu xolda Lagranj tenglamasi

$$\frac{dL}{dt}\frac{\partial L}{\partial v} = 0 \qquad (11)$$

bo'ladi,ya'ni $\frac{\partial L}{\partial v} = const.$

$\partial L / \partial \vec{v}$ faqatgina tezlik kvadrati funktsiyasi bo'lganligi sababli, $v = cjnst$ bo'ladi.Shunday qilib,Nyutonning 1-qonuniga keldik.Agarda inertsial sanoq sistemasi bilan birgalikda unga nisbatan to'g'ri chizikli va tekis xarakatlanayotgan boshqa sistemasi bilanbirgalikda unga nisbatan to'g'ri chizikli va tekis xarakatlanayotgan boshqa sistemani qarasak ,erkin xarakat konunlari bu yangi sistemaga nisbatan xam xuddi shunday sodir bo'ladi.

Tajribilarning ko'rsatishicha,bunday sistemalarda erkin xarakat qonunlari bir xil bo'lib kolmasdan, balki ular barcha mexanikmunosabatlarda ekvivalent bo'ladi.Bunday barcha sistemalarda fazo va vaqt xususiyatlari bir xil bo'lib, barcha mexanika qonunlari bir xildir.Bu mexanikaning asosiy printsiplaridan biri Galileyning nisbiylik printsipidir.

Biror moddiy nuqna xarakatini qo'zg'almas K va xarakatdagi K^{ℓ} sistemalarda qarab chiqaylik.Bu nuqtaning koordinatalari mos ravishda sanoq sistemalariga nisbatan r va r^{ι} bo'lsin.Agarda xarakatdagi sistema K sistemaga nisbatan V tezlik bilan xarakatlanayotgan bo'lsa,radius-vektorlar o'zaro quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$r = r + vt \qquad (12)$$

Ikkala sistemada xam vaqt bir xil kechadi:

$$t = t^1$$

(12)va (13)formulalarga Galiley almashtirishlari deyiladi.

Nazorat topshiriqlari.

1.Inertsial sanoq sistemasi deb nimaga aytiladi.
2.Inertsial sanoq sistemasi uchun Lagranj Funktsiyasini yozing.
3.Inertsiya qonunini ayting.
4.Galilieyning nisbiylik printsipi qanday printsip.
5. Galiley almashtirishlarini ko'rsating.
A. $r = r^1 + Vt$; $t = t^1$
B. $t = const$; $V = V^1$
S. $V + V = V^1$; $t = L^1 + \Delta t$
D. $r = v^1 t$; $t = t^1$
E. $r = r^1 + vt$; $t = const$

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:
1.Umumlashgan kordinata, tezlik va impuls.
(1) 3-12 betlar
(2) 7-20 betlar
2.Eng kichik ta'sir printsipi.
(1) 10-13 betlar
(2) 221-224 betlar
3.Galileyning nisbiylik printsipi.
(1) 13-15 betlar
(2) 222-224 betlar

Mavzuga oid mustaqil ish topshiriqlari:

1.Umumlashgan kattaliklar haqida mukammal tushuncha hosil qiling.
2.Eng qisqa ta'sir printsip haqida mukammal tushuncha hosil qilish.
3.Galileyning rnisbiylik printsipi va umuman nisbiylik printsipi haqida to'la tushuncha hosil qilish.

Mavzuga oid adabiyotlar:

1.L.D.Landau, E.M.Lifshits, Mexanika.M.Nauka.1988 g.

2.M.Yaxyoyoev, K. Mo'minov.Nazariy mexanika. T.o'qituvchi. 1990 y
3.Olxovskiy I.I. Kurs teoricheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

2-mavzu.Erkin moddiy nuqta uchun Lagranj fuktsiyasi.Moddiy nuqtalar sistemasining Lagranj fuktsiyasi.

Asosiy savollar.

1.Erkin moddiy nuqta uchun Lagranj funktsiyasi.
2.Moddiy nuqtalar sistemasining Lagranj funktsiyasi.
3.Tashqi maydondagi aloxida olingan zarrachaning Lagranj funktsiyasi.

Mavzuga oid tayach so'z va iboralar:

Massa	Proportsionallik	Additivlik
To'la differentsial	Kinetik energiya	Potentsial energiya
Dekart koordinata Sistemasi	Sferik koordinata Sistemasi	Tsilindirlik koordinata Sistemasi
Berk sistema	Tashqi jism	Kvadratik funktsiya
Potentsial	Potentsial energiya	Bir jinsli maydon
Absolyut vaqt	Tezlik vektori	Umumlashgan koordinata
Bog'lanishlar	Eng kichik ta'sir printsipi	
Galilieyning nisbiylik printsipi		

1-asosiy savol: Erkin moddiy nuqta uchun Lagranj funktsiyasi.
1-asosiy savolning maqsadi:
Erkin moddiy nuqta uchun Lagranj funktsiyasi va tenglamasi haqida tushuncha hosil qilish.
Identiv o'quv maqsadlari:

1.Talabalar erkin moddiy nuqta uchun Lagranj funktsiyasi yoza oladi.
2.Turli koordinata sistemalari uchun Lagranj funktsiyasini ifodasini yoza oladi.
3.Xarakat tenglamasini, Lagranj tenglamasini tushunadi.

1-asosiy savolning bayoni:

Dastavval, inertsial sanoq sistemasiga nisbatan erkin moddiy nuqta xarakatini qarab chiqaylik.Bu xolda Lagranj funktsiyasi faqat tezlik kvadratiga bog'liqdir.Bu bog'lanishni aniqlash uchun Galileyning nisbiylik printsipidan foydalanamiz. K sistema K^1 sistemasiga nisbatan kichik tezlikda xarakatlanayotgan bo'lsin, bu xolda $v^1 = v + E$ xarakat tenglamasi barcha sanok sistemalarida bir xil ko'rinishga ega bo'lganligi sababli, Lagranj funktsiyasi $L(v^2)$ bunday almashtirishda $L\left[(v^1 + E)^2\right]$ko'rinishiga o'tishi kerak.Bu funktsiya oldingi funktsiyalardan koordinata va vaqt bo'yicha to'la diferentsialga farq qiladi:

$$L^1 = L(v^2) = L(v^2 + 2\vec{V}\vec{E} + E^2 \qquad (1)$$

E ning darajalari buyicha qatorga yoysak, xamda cheksiz kichik bo'lgan yuqori tartibli xadlarni e'tiborga olmasak

$$L(V^2) = L(V^2) + \frac{\partial L}{\partial V^2} 2\vec{V}\vec{E} \qquad (2)$$

ni olamiz.2-xad vaqt bo'yicha to'la differentsial bo'la oladi,agarda u tezlikka chiziqli bog'liq bo'lsa.Shu sababli $\partial L / \partial v^2$ tezlikka bog'liq emas,ya'ni Lagranj funktsiyasi tezlikning kvadratiga proportsionaldir:

$$L = \frac{m}{2} V^2 \qquad (3)$$

bu erda a –doimiy kattalik, m - massa.

Bunday ko'rinishdagi Lagranj funktsiyasi Galileyning nisbiylik printsipini qanoatlantirganligi sababli K sistema K^1 sistemaga nisbatan V tezlik bilan xarakterlanganda xam bu printsip bijarilishi kerak. Xaqiqatdan xam

$$L^1 = \frac{m}{2} V^{12} = \frac{m}{2}(V+V)^2 = \frac{m}{2} V^2 + mV^2 + m\vec{v}\vec{V} + \frac{m}{2} V^2 \qquad (4)$$

yoki

$$L^1 = L + \frac{d}{dt}(m\iota V + \frac{m}{2} V^2 t) \qquad (5)$$

ikkinchi xat to'la diffirintsial bo'lganligi sababli uni tushurib koldirish mumkin. m - kattalik moddiy nuqta massasidir. Lagranj funktsiyasining additivligidan o'zaro ta'sirlashmaydigan moddiy nuqtalar uchun

$$L = \sum_a \frac{m_a V_a^{\ 2}}{2} \qquad (6)$$

Bu xususiyatni etiborga olgan xolda massa real ma'no kasb etadi. Lagranj funktsiyasini doimo ixtiyoriy o'zgarmasga ko'paytirish mumkin, bunda xarakat tenglamasi o'zgarmaydi.

Massa xech qachon manfiy bo'la olmaydi.Xaqiqatdan xam eng kichik ta'sir printsipiga ko'ra

$$S = \int_1^2 \frac{mV^2}{2} dt \qquad (7)$$

$\min$ qiymatga ega bo'lishi shart. Agarda massa manfiy bo'lganda edi, bu interal xech qachon $\min$ qiymatga ega bo'la olmas edi.

Shuni takidlash lozimki,

$$V^2 = (\frac{\partial l}{\partial t})^2 = \frac{dl^2}{dt^2} \qquad (8)$$

Shu sababli, Lagranj funktsiyasi va mos ravishda Lagranj tenglamasini yozish uchun mos koordinata sistemasida dl element uzunligi kvadratini topishimiz etarli ekan:

Masalan,Dekart koordinita sistemasida, $dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$

Shu sababli

$$L = \frac{m}{2}(x^2 + y^2 + z^2) \qquad (9)$$

Tsilindrik koordinata sistemasida, $dl^2 = dx^2 + r^2 d\varphi^2 + dz^2$

$$L = \frac{m}{2}(r^2 + r^2 y^2 + z^2) \qquad (10)$$

Sferik koordinata sistemasida, $dl^2 = dr^2 + r^2 d\Theta^2 + r^2 \sin^2 \Theta dy^2$

$$L = \frac{m}{2}(r^2 + r^2\Theta^2 + r^2 \sin^2 \Theta\varphi^2) \qquad (11)$$

Nazorat topshiriqlari.

1.Moddiy nuqta nima?

2.Massa tushunchasini tariflang va ifodasini yozing.

a) $m = qV$ b) $m = F / a$ s) $m = V / q$ d) $m = F \cdot q$ e) $m = kx$

3.Moddiy nuqta uchun Lagranj proektsiyasi ifodasini ko'rsating.

a) $L = \frac{mv^2}{2}$ b) $L = \frac{mv}{2}$ s) $L = L(v^2)$ d) $L = L(v)$ e) $L = \frac{m}{v}$

4.Lagranj tenglamasini yozing.

a) $L = \frac{m}{2}x^2$ b) $L = \frac{ma}{2}$ s) $L = (v^2)$ d) $L = \frac{m}{2}x$ e) $L = \frac{V^2}{m}$

5.Lagranj tenglamastnt tushuntiring.

2-asosiy savol:Moddiy nuqtalar sistemasining Lagranj funktsiyasi.

2-asosiy savolning maqsadi:

Moddiy nuqtalar sistemasi uchun Lagranj fuktsiyasini keltirib chiqarish va bu haqda talabalarda tushuncha hosil qilish..

Identiv o'quv maqsadlari:

1.Berk va ochiq sistemalarni biladi va tushunadi.

2.Potentsial va kinetik energiya ifodalarini biladi va tushunadi.

3.Nyutonning 2-qonunini tushunadi.

4.Lagranj funktsiyasi va Lagranj tenglamasini yoza oladi.

2-asosiy savolning bayoni:Moddiy nuqtalar sistemasining Lagranj fuktsiyasi.

Biror moddiy nuqtalar sistemasini qarab chiqaylik.Sistema berk sistema bo'lsin bu xolda zarrachalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir Lagranj funktsiyasiga koordinata funktsiyasini qo'shish orqali yozilishi mumkin.Bu funktsiyani U orqali ifodalasak

$$L = \sum_{\Theta} \frac{m_\Theta V_\Theta^2}{2} - U(r_1, r_2)............ \qquad (12)$$

r_2 -nuqta radius vektori.

Bu berk sistema uchun Lagranj funktsiyasining umumiy qo'rinishidir.

$$T = \sum_{\prec} \frac{m_{\prec} v_{\prec}^2}{2}$$

kinetik energiya.

$U(r)$ - funktsiya sistemasining potentsial energiyasidir.

Lagranj funktsiyasini bilgan xolda xarakat tenglamasini tuzamiz.

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial V_2} = \frac{\partial L}{\partial r_{\prec}} \tag{13}$$

Lagranj funktsiyasini olib qo'ysak

$$m_{\prec} \frac{dv^2}{dt} = \frac{\partial U}{\partial r_{\prec}} \tag{14}$$

bu qo'rinshdagi xarakat tenglamasiga Nyuton tenglamalari deyiladi.

$$F_a = -\frac{\partial U}{\partial r_a} \tag{15}$$

vektorga a-nuqtaga tasir qiluvchi kuch deb aytiladi.Potentsial enirgiya koordinataga bog'liq bo'lganligi sababli kuch xam koordinata funktsiyasidir. Agarda xarakatni ifodalash uchun nuqtalarning Dukart koordinatalari emas, balki ixtiyoriy umumlashgan koordinatalar olingan bo'lsa,u xolda Lagranj funktsiyasi va mos ravishda Lagranj tenglamasini yozish uchun mos almashtirishlar amalga oshiriladi:

$$X_a = f_a(q_1, q_2 \ldots\ldots q_5)\ ; \qquad X_a = \sum_k \frac{\partial f}{\partial q_k} q_k \tag{16}$$

Lagranj funktsiyasiga quysak,

$$L = \frac{1}{2}\sum_{l,k} a_{lk}(q) q_l q_k - U(q) \tag{17}$$

a_{lk} - faqat koordinata funktsiyasidir.

Kinetik energiya esa, umumlashgan koordinatalarda ilgarigiday tezlikning kvadratik funktsiyasidir.Biz shu paytgacha berk sistema to'g'risida gaplashgandik. Endi berk bo'lmagan A sistemaga qarab chikaylik. Bu sistema V sistema bilan ta'sirlashgan bo'lsin.V sistema xarakat qilmoqda (AQV) sistema berk bo'lsa

$$L = T_a(q_A, q_A) + T_B(q_B, q_B) - U(q_A, q_B) \tag{18}$$

yoki

$$L_A = T_A(q_A, q_A) - U(q_A, q_B(t)) \tag{19}$$

Shunday qilib, berk bo'lmagan sistema uchun xam Lagranj funktsiyasi xuddi berk sistema uchun yozilgan Lagranj funktsiyasiga o'xshash bo'lar ekan,farki bu xolda potentsial energiya vaqtga bog'liqdir.

Tashqi maydonda bitta zarracha xarakati uchun Lagranj funktsiyasining umumiy ko'rinishi

$$L = \frac{mV^2}{2} - U(r,t) \tag{21}$$

xarakat tenglamasi esa

$$mV = -\frac{\partial U}{\partial r} \tag{22}$$

Agar maydonning barcha nuqtalarida zarrachaga bir xil F kuch ta'sir qilsa,bu xolda potentsial energiya

$$U = -F \cdot r \tag{23}$$

ga teng bo'ladi.

Nazorat topshiriqlari.

1.Berk sistema qanday sistema?
2.Ochiq sistema qanday sistema?
3.Berk sistema uchun energiyaning saqlanish qonunini yozing.
4.Lagranj funktsiyasi ifodasini yozing.
5.Lagranj funktsiyasi tushuntiring.

3-asosiy savol: Tashqi maydonda alohida olingan zarrachaning Lagranj funktsiyasi.

3- asosiy savolning maqsadi:
Zarrachaning tashqi kuch maydonidagi Lagranj funktsiyasi va xarakat tenglamasini tushuntirish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. **Tashqi kuch maydonini tushunadi.**
2. **Tashqi bir jinsli maydonni aniqlay oladi.**
3. **Potentsial maydonni ajrata oladi.**
4. **Bu maydondagi zarrachaning xarakat tenglamasini yoza oladi.**

3-asosiy savolning bayoni:

Bir jinsli tashqi maydonda Lagranj funktsiyasi potentsial energiyaning vaqtga bog'liqligi bilan xarakterlanidi.

Umumiy xolda tashqi maydondagi bitta zarracha xarakati uchun Lagranj funktsiyasi

$$L = \frac{mV^2}{2} - U(r,t) \tag{24}$$

xarakat tenglamasi esa

$$mV = -\frac{\partial u}{\partial r} \tag{25}$$

Maydon bir jinsli maydon deyiladi, agarda uning xar bir nuqtasida zarrachaga bir xil kuch ta'sir qilsa. Bunday maydonning potentsial energiyasi

$$U = -F \cdot r \tag{26}$$

ga teng bo'ladi.
Ko'pchilik xollarda Lagranj tenglamasini mexanik sistemalarga qo'llashda sistemalarga qo'llashda jismlarning o'zaro joylashishi shart qo'yiladi.Ya'ni bog'lanishlar etiborga olinadigan bo'lsa,xarakat ishqalanish bilan sodir bo'ladi.Bu

xolda masala sof mexanik masala bo'lmay qoladi.Lekin qo'pchilik xollarda ishqalanish juda xam kam,shu sababli uning xarakatga ta'sirini etiborga olmaslik mumkin.

Nazorat topshiriqlari.

1. **Kinetik energiya ifodasini yozing.**

a) $E = mV^2$ **b)** $E = mV^2 / 2$ **s)** $E = mv/2$ **d)** $U = F \cdot r$ **e)** $U = \frac{mv^2}{2}$

2.Potentsial energiya ifodasini qo'rsating.

a) $U = my$ **b)** $U = myh$ **s)** $U = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^1}$ **d)** $U = \frac{mv^1}{2}$ **e)** $U = \frac{mv}{2}$

3.Potentsial maydondagi zarrachaning xarakat tenglamasini yozing.

a) $mv = \frac{\partial u}{\partial t}$ **b)** $mv = \frac{\partial u}{\partial r}$ **s)** $mv = -\frac{\partial u}{\partial r}$ **d)** $mv = U(r)$ **e)**

4.Ikkilangan yassi mayatnik uchun Lagranj funktsiyasini yozing.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil topshiriqlari:

1.Erkin moddiy nuqta uchun Lagranj funktsiyasi haqida mukammal tushuncha oling.

(1) 15-17 betlar

(2) 172-174 betlar

2.Moddiy nuqtalar sistemasining Lagranj funktsiyasi haqida mukammal tushuncha oling.

(1) 17-20 betlar

(2) 175-178 betlar

3.Tashki maydondagi aloxida olingan zarrachaning Lagranj funktsiyasi haqida tushuncha oling.

(1) 20-21 betlar

(2) 178-180 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1.L.D.Landau, E.M.Lifshits. Mexanika.M.Nauka. 1988 g.

2. M.Yaxyoev,K.Mo'minov. Nazariy mexanika.T.O'qtuvchi. 1990 y

3.Olxovskiy I.I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov.M.Nauka.1970 g.

4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

Mexanik sistemaning Lagranj funksiyasi va Lagranj tenglamasini topish bo'yicha masalalar:

1-masala

$H = \frac{1}{2m}\left(P_x^2 + P_y^2 + P_z^2\right) + mgz\,; L = \frac{m}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) - mgz$

Bundan tashqari x va y lar siklik koordinatalar. $\dot{P}_x = -\frac{\partial H}{\partial x} = 0 P_x = const$ bundan $\dot{x} = const$, demak $\dot{y} = const \dot{P}_z = -\frac{\partial H}{\partial z} = -mg$

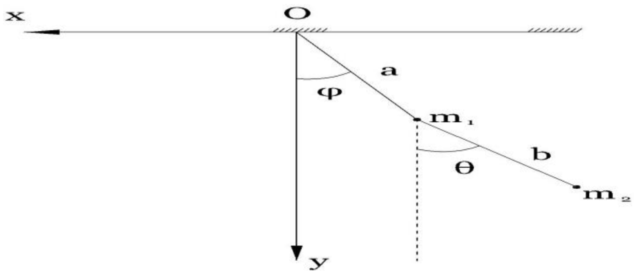
$\dot{x} = C_1 \to dx = C_1 dt \to x = C_1 t + C_2\,; y = C_3 t + C_4$

$m\ddot{z} = -mg\; \dot{z} = -gt + C_5\,; z = -\frac{gt^2}{2} + C_5 t + C_6\,;$

2-masala

Yassi ikkilangan mayatnik uchun Lagranj funksiyasini yozing.

Kinetik va potensial energiyalar additive hususiyatga ega. Lagranj funksiyasi ham additivdir.



57-rasm

$L = L_1 + L_2\,;\; T_1 = \frac{1}{2}a_1 a^2 \dot{\varphi}^2\,; v = a\dot{\varphi} = \omega R\,;$

$U_1 = -m_1 g a cos\varphi\,;\; L_1 = \frac{1}{2}a_1 a^2 \dot{\varphi}^2 + m_1 g a cos\varphi\,;$

$x_2 = asin\varphi + bsin\theta\,;\; \dot{x}_2 = acos\dot{\varphi} + bcos\theta\dot{\theta}\,;$

$x_2 = acos\varphi + bcos\theta\,;\; \dot{x}_2 = a\dot{\varphi}sin\varphi + b\dot{\theta}sin\theta\,;$

$T_2 = \frac{1}{2}m_2(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2) = \frac{1}{2}m_2(a^2\dot{\varphi}^2 + 2abcos(\varphi - \theta)\dot{\varphi}\dot{\theta} + b^2\dot{\theta}^2)\;;$

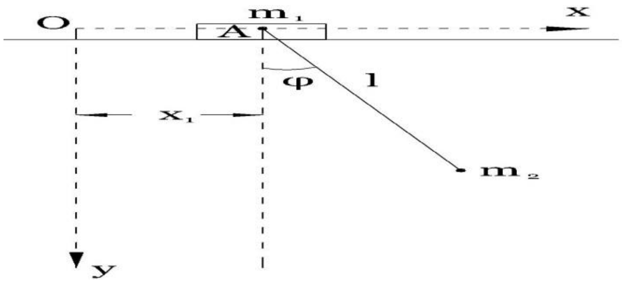
$v_2 = -m_2 g(acos\varphi + bcos\theta)$

$L_2 = \frac{1}{2}m_2\left(a^2\dot{\varphi}^2 + 2abcos(\varphi - \theta)\dot{\varphi}\dot{\theta} + b^2\dot{\theta}^2\right) + m_2 g(acos\varphi + bcos\theta);$

$L = \frac{1}{2}a_1 a^2\dot{\varphi}^2 + m_1 g a cos\varphi + \frac{1}{2}m_2\left(a^2\dot{\varphi}^2 + 2abcos(\varphi - \theta)\dot{\varphi}\dot{\theta} + b^2\dot{\theta}^2\right) +$
$+ m_2 g(acos\varphi + bcos\theta) =$
$= \frac{1}{2}a^2\dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2}m_2 b^2\dot{\theta}^2 + m_2 ab\dot{\varphi}\dot{\theta}\,cos(\varphi - \theta) + ga(m_1 + m_2)cos\varphi$
$+ + m_2 g b cos\theta$

3-masala

Elliptik mayatnik uchun harakat tenglamalari yechilsin. m_1 ishqalanishsiz siljiydi. Sterjen massasi hisobga olinmasin. Ikkala jismni ham moddiy nuqta deb olamiz. Ular holati $(x_1 y_1)$ va $(x_2 y_2) y_2 = lcos\varphi\,, x_2 = x_1 + lsin\varphi$



58-rasm

Umumlashgan koordinatalar x_1 ,φ lar.

$L = L_1 + L_2 = L = (T_1 + T_2) - (U_1 + U_2)$;

$y_1 = 0\ va\ y_2 = 0\ \ U = U_1 + U_2 = 0$;

$T_1 = \frac{m_1 \dot{x}_1^2}{2}$; $T_2 = \frac{m_2}{2}(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)$;

$y_2 = lcos\varphi\,,\ x_2 = x_1 + lsin\varphi$;

$\dot{x}_2 = \dot{x}_1 + l\dot{\varphi}cos\varphi$; $\dot{y}_2 = -l\dot{\varphi}sin\varphi$;

$T_2 = \frac{m_2}{2}((\dot{x}_1 + l\dot{\varphi}cos\varphi)^2 + (-l\dot{\varphi}sin\varphi)^2) = \frac{m_2}{2}(\dot{x}_1^2 + 2l\dot{\varphi}\dot{x}_1cos\varphi + l^2\dot{\varphi}^2)$;

$T = T_1 + T_2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\dot{x}_1^2 + \frac{m_2}{2}l^2\dot{\varphi}^2 + m_2 l\dot{\varphi}\dot{x}_1cos\varphi$;

$U = -m_2 lgcos\varphi$;

$$L = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\dot{x}_1^2 + \frac{m_2}{2}l^2\dot{\varphi}^2 + m_2 l\dot{\varphi}\dot{x}_1cos\varphi + m_2 lgcos\varphi\ ;$$

$\frac{d}{dt} = \left((m_1 + m_2)\dot{x}_1 + m_2 l\dot{\varphi}cos\varphi\right) = 0;$

$\left((m_1 + m_2)\dot{x}_1 + m_2 l\dot{\varphi}cos\varphi\right) = C_1$;

$l\ddot{\varphi} + cos\varphi\ddot{x}_1 + gsin\varphi = 0$;

4-masala

Fizik mayatnik uchun Lagranj va Gamilton funksiyalari kanonik va Eyler-Lagranj tenglamalarini toping.

Yechish:

Erkinlik darajasi bitta va $y\,,\varphi$. Ekvipotensial sirtni aylanish o’qidan o’tgan desak $U = magcos\varphi$ kinetik energiya $T = \frac{1}{2}J_z\dot{\varphi}^2$.

$$L = \frac{1}{2}J\dot{\varphi}^2 + magcos\varphi$$

Umumlashgan impulus $P_\varphi = \frac{\partial L}{\partial\dot{\varphi}} = J\dot{\varphi} \to \dot{\varphi} = \frac{P_\varphi}{J}$;

$$H = P_\varphi\dot{\varphi} - L = P_\varphi * \frac{P_\varphi}{J} - \frac{1}{2}J\left(\frac{P_\varphi}{J}\right)^2 - magcos\varphi = \frac{P_\varphi^2}{J} - \frac{P_\varphi^2}{2J} - magcos\varphi =$$

$$= \frac{P_\varphi^2}{2J} - magcos\varphi;$$

Kanonik tenglamalar , $\dot{\varphi} = \frac{\partial H}{\partial P_\varphi} = \frac{P_\varphi}{J}$; $\begin{cases} \dot{P}_\varphi = -magcos\varphi \\ \dot{\varphi} = \frac{P_\varphi}{J} \end{cases}$

$\frac{\partial L}{\partial\dot{\varphi}} = J\dot{\varphi}$; $\frac{d}{dt}(J\dot{\varphi}) = J\ddot{\varphi}$; $\frac{\partial L}{\partial\varphi} = -magsin\varphi$;

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot\varphi}-\frac{\partial L}{\partial\varphi}=0;\ J\ddot\varphi+magsin\varphi\,;$$
$$\ddot\varphi=\frac{\dot p_\varphi}{J}=-\frac{magsin\varphi}{J}\,;$$
$$J\ddot\varphi+magsin\varphi\,;$$

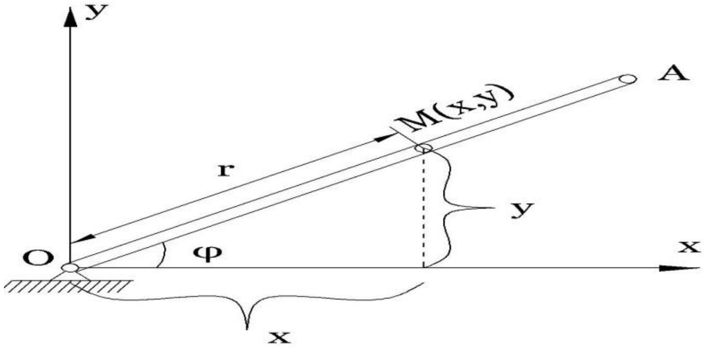
$$\ddot\varphi+\frac{mag}{J}sin\varphi=0\,;$$

$$\ddot\varphi+\omega^2 sin\varphi=0\,;$$
$$\omega^2=\frac{mag}{J}\,;$$
$$T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{J}{mga}}\,;$$

5-masala

OA kulisa gorizontal tekislikda O(nuqta) uchidan o’tuvchi z o’q atrofida aylana oladi. Massasi m ga teng M sirpang’ich kulisa ichida harakatlana oladi. Kulisaning z o’qiga nisbatan inertsiya momenti J_z. qarshilikni hisobga olmasdan Lagranj tenglamasi va uning ikkita birinchi integrali aniqlansin.

Yechish:



59-rasm

Erkinlik darajasi 2-ta ular $r\ va\ \varphi$. Rasmdan ko’rinib turibdiki:

$x=rcos\varphi, y=rsin\varphi\ ,\dot x=\dot rcos\varphi-r\dot\varphi sin\varphi\,;\ \dot y=\dot rsin\varphi-r\dot\varphi cos\varphi\,;$

$$T=\ T_k+T_c\ ,T_k\ =\frac{1}{2}J_z\dot\varphi^2\,;$$

$$v_m^2=\dot x^2+\dot y^2=\dot x^2cos^2\varphi-2\dot r\dot\varphi rsin\varphi+r^2\dot\varphi^2sin^2\varphi+\dot r^2sin^2\varphi+$$
$$+2\dot r\dot\varphi rsin\varphi cos\varphi+r^2\dot\varphi^2cos^2\varphi=\dot r^2\ +r^2\dot\varphi^2;$$
$$T_c\ =\frac{1}{2}m(\dot r^2+r^2\dot\varphi^2);\ T=\frac{1}{2}J_z\dot\varphi^2+\frac{1}{2}m(\dot r^2+r^2\dot\varphi^2);$$

Uq0 bo’lgani uchun $L=\frac{1}{2}(J_z+mr^2)\dot\varphi^2+\frac{1}{2}m\dot r^2\,;$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot r}=\frac{d}{dt}(m\dot r)=m\ddot r\,;\ \frac{\partial L}{\partial r}=mr\dot\varphi^2\,;$$
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial\dot\varphi}=\frac{d}{dt}\big((J_z+mr^2)\dot\varphi\big)=2mr\dot r\dot\varphi+(J_z+mr^2)\ddot\varphi\,;\ \frac{\partial L}{\partial r}=0\,;$$
$$m\ddot r-mr\dot\varphi^2\ =0\,;\begin{cases}\ddot r-r\dot\varphi^2\ =0\\ 2mr\dot r\dot\varphi+(J_z+mr^2)\ddot\varphi=0\end{cases}$$

Lagranj funksiyasi φ ga oshkora bog'liq bo'lmagani uchun $\dot{P}_\varphi = \frac{\partial L}{\partial \varphi} = 0$ demak $\dot{P}_\varphi = 0$ yoki $\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = C_1$ yoki $(J_z + mr^2)\ddot{\varphi} = C_1$ bu siklik integral.
$T + U = C$ deb olsak

$$\frac{1}{2}(J_z + mr^2)\dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2}m\dot{r}^2 = C\,;$$

$$\begin{cases} (J_z + mr^2)\dot{\varphi} = C_1 \\ m\dot{r}^2 + \frac{C_1^2}{J_z + mr^2} = C_2 \end{cases};$$

$$\frac{1}{2}\dot{\varphi}C_1 + \frac{1}{2}m\dot{r}^2 = C\,;$$

$$\dot{\varphi}C_1 + m\dot{r}^2 = 2C\,;$$

$$C_1\frac{C_1}{J_z + mr^2} = 2C - m\dot{r}^2 \rightarrow m\dot{r}^2 + \frac{C_1^2}{J_z + mr^2} = C_2\,;(C_2 = 2C)$$

3-mavzu: Saqlanish qonunlari. Energiya. Impuls. Inertsiya markazi.

Asosiy savollar:

1. Saqlanish qonunlari to'g'risida umumiy tushunchalar.
2. Energiyaning saqlanish qonuni.
3. Impuls.Impulsning saqlanish qonuni.
4. Inertsiya markazi.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Energiya	Kvadratik funktsiya	Xarakat integrali
Impuls	Berk sistema	Izotroplik
Anizotroalik	Additivlik	Vaqtning bir jinsliligi
Lagranj funktsiyasi	Saqlanish qonunlari	Umumlashgan koordinata
Eyler teoremasi	Inertsiya	Umumlashgan impuls
Ichki energiya	Kichik burilish	Umumlashgan kuch
Moment	Tekis va to'g'ri chiziqli	

1-asosiy savol:Saqlanish qonunlari to'g'risida umumiy tushunchalar.
1-asosiy savolning maqsadi:
Saqlanish qonunlarining muximligi tushuntirish va saqlanish qonunlarini yaxshi tasavvur qilish.

Identiv o'quv maqsadlari:
1.Saqlanish qonunlari bilan tanishadi.
2.Saqlanish qonunlarining o'rnini aniqlay biladi.
3. Saqlanish qonunlarini qo'llay oladi.

1-asosiy savolning bayoni:

Tabiatda bir necha saqlanish qonunlari mavjud bo'lib,ularning ba'zi birlari biror yaqinlashishlardagina aniq qonunlardir.

Odatda saqlanish qonunlari olamning simmetrik xususiyatlari natijasidir.Tabiatda quyidagi saqlanish qonunlari mavjud:

A) modda miqdorining saqlanish qonuni;
V) energiyaning saqlanish qonuni;
S) impulsning saqlanish qonuni;
D)impuls momentining saqlanish qonuni;
E) elektr zaryadlarning saqlanish qonuni;
F) barionlar soning (proton, neytron va og'ir zarrachalar) saqlanishi

Biror qo'yilgan masalada jismga yoki jismlar sistemasiga ta'sir qilayotgan kuchlar ma'lum bo'lsa, biz etarlicha bilimga ega bo'lsak va kompyuter mavjud bo'lsa, u xolda biz saqlanish qonunlaridan xech qanday yangi informatsiya ololmaymiz.

Lekin saqlanish qonunlari fiziklarning kundalik faoliyatida muxim quroldir.Nima sababdan ?

1.Saqlanish qonunlari traektoriya va ta'sir qiluvchi kuchlar xarakteriga bog'lik emas.
2.Kuchlar ma'lum bo'lmagan xolda xam saqlanish konunlaridan foydalanish mumkin.
3.Saqlanish qonunlari invariantlik bilan uzviy bog'liqdir.
4.Barcha kuchlar mavjud bo'lgan xolda zarrachalar xarakatini o'rganishda saqlanish qonunlari katta axamiyatga ega.

Jismga ta'sir qiluvchi natijaviy tashqi kuch nolga teng bo'lganda xarakat miqdori vaqtga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni

$$\frac{dp}{dt} = 0 \text{ yoki } p = const \quad [F_{mK} = 0]$$

Shunday qilib, sistemaga ta'sir qiluvchi natijaviy tashqi kuch nolga teng bo'lganda sistema impulsi doimo saqlanadi.

Bu impulsning saqlanish qonunidir.Uni quyidagicha xam ta'riflash mumkin:

- *Xar qandey berk jismlar sistemasining impulsi doimo saqlanadi.*

Berk sistema deganda, shunday sistema tushuniladiki bunday sistemaga tashqaridan tashqi kuch ta'sir qilmaydi va sistemada faqatgina sistemaga kiruvchi jismlar o'rtasidagi ta'sir kuchlari mavjud bo'ladi.

Impulsning saqlanish qonuni Nyutonning 2- konunlaridan kelib chiqsa xam,Nyuton qonunlariga nisbatan umumiy xarakterga ega.Masalan,mikroskopik dunyoda Nyuton qonunlari bajarilmasligi mumkin, lekin saqlanish qonunlari doimo bajariladi.

Ikkita jism ta’sirlashayotgan bo’lsin. Ularning ta’sirlashgandan so’ng impulslari o’zgaradi, lekin impulslarning yig’indisi ta’sirgacha qandey bo’lsa, shundeyligicha qoladi.

$P_1 + P_2 = P_1 + P_2$ (1)

to’qnashguncha to’qnashgan so’ng

bu erda R- m massali jismning impulsi

$P = mv$ **(2)**

Agarda $m_1 v_1$ va $m_2 v_2$ lar mos ravishda **jismlarning** ta’sirlashgunga qadar impulslari bo’lsa,u xoda impulslar yig’indisi

$$m_1 v_1 + m_2 v_2$$

to’qnashgandan keyingi impulslari $m_1 v_1$ va $m_2 v_2$ bo’lsa,yig’indi

$$m_1 v_1 + m_2 v_2$$

ga teng bo’ladi .Demak, bu xolda impulsning saqlanish qonuni quyidagicha yoziladi.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1^{1} + m_2 v_2^{1} \qquad (3)$$

ta’sir ikki xil bo’lishi mumkin:elastik va noeastik.

Biz bu xollarni keyinroq qarab chiqamiz.

Nazorat topshiriqlari.

1.Saqlanish qonunlarini aytib bering.
2.Saqlanish qonunlari nima uchun kerak.
3.Impuls saqlanish qonunini ta’riflang.
4.Ikkita ta’sirlashuvchi jism uchun saqlanish qonuni ifodasini yozing.
5.Berk sistema qandey sistema?
6.Jism impulsi nima?

Nazorat topshiriqlari.

1.Saqlanish qonunlarini sanab bering.
2.Saqlanish qonunlari qachon to’la bajariladi.
3.Ochiq sistemalarda saqlanish qonunlari qandey bajariladi.

2-asosiy savol:Energiya.Energiyaning saqlanish qonuni.

2-asosiy savolnig maqsadi:

Energiyaning saqlanish qonunining kelib chiqishi va uning nima uchun energiya integrali deyilishini tushuntirish.

Identiv o’quv maqsadlari:

1.Potentsial energiyani biladi.
2.Kinetik energiyani biladi.
3.To’la energiyani ifodalay oladi.

4.Energiyaning saqlanish qonunini xarakatni o'rganishga tadbiq kila oladi.

2-asosiy savolning bayoni:
Mexanik sistemaning xarakatida $2S$ sistema xolatini aniqlovchi q_1 va q_2 kattaliklar vaqt bo'yicha o'zgaradi.

Bu kattaliklar ichida shundaylari borki, ular faqatgina bog'langich shartga bog'liq bo'lib, vaqt bo'yicha o'zgarmaydi.Bunday funktsiyalarga xarakat integrallari deyiladi. S erkinlik darajasiga ega sistema uchun o'zaro bog'liq bo'lmagan xarakat integrallari soni $2S-1$ ga teng.Xaqiqitdan xam umumiy echim 2S ta ixtiyoriy doimiyni o'z ichiga oladi.Yopik sistemaning xarakat tenglamasi vaqtni oshkora o'z ichiga olmaydi, va xisoblashni ixtiyoriy vaqt mamentida t_o tanlab olish mumkin. $t+t_o$ ni $2S$ funktsiyada yo'qotamiz.

$$q_i = q_i(t+to, c_1, c_2 \ldots\ldots\ldots C_{2S-1}) \qquad (4)$$

$$q_i = q^i{}_i(t+t_o, c_1, c_2 \ldots\ldots, C_{2S-1})$$

2S-1 ta doimiy $C_1, C_2, C_3 \ldots\ldots\ldots C_{2S-1}$ kattaliklarni q va q_i funktsiyalari sifatida yozamiz va ular xarakat integrallari xisoblanadi.

Xamma xarakat integrallari xam mexanik xarakatni o'rganishda asosiy ro'l o'ynamaydi.Bu integralar ichida shundaylari borki, ular fazo va vaqtning izotrop va bir jinsliligi bilan bog'liq.Bunday saqlanuvchi kattaliklar additivlik xususiyatiga ega.

Vaqtning bir jinsliligi bilan bog'liq kattaliklarni qarab chiqamiz. Berk sistema uchun Lagranj funktsiyasi vaqtga oshkora bog'liq emasligidan uning to'ladifferentsiali ko'yidagicha yoziladi.

$$\frac{dL}{dt} = \sum_i \frac{\partial L}{\partial q_i} q_i + \sum_i \frac{\partial L}{\partial q_i} q_i^0 \qquad (5)$$

Lagranj tenglamasida
$\partial L / \partial q_i$ ni $\frac{d}{t}\frac{\partial L}{\partial q_i}$ bilan almashtirsak,

$$\frac{dL}{dt} = \sum_i q_i \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q_i} + \sum_i \frac{\partial L}{\partial q_i} q_i^o = \sum_i \frac{d}{dt}\left(\frac{oL}{dq_i} q^o{}_i\right)$$

Yoki

$$\frac{d}{dt}\left(\sum_i q_i \frac{\partial L}{\partial q_i} - L\right) = 0$$

Bu erdan

$$E = \sum_i q_i \frac{\partial L}{\partial q_i} - L \qquad (6)$$

Energiya additivlik funktsiyasidir.
Energiya faqatgina berk sistema uchun emas,balki ixtiyoriy doimiy tashqi maydonda xam saqlanadi. Energiya doimo saqlanuvchi xar qanday sistemaga konservativ sistema deyiladi,bunday sistema uchun Lagranj funktsiyasi kuyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$L = T(q_1 q) - U(q) \qquad (7)$$

Bu erda T kvadratik tezlikning funktsiya.Bir jinsli fuktsiyalar uchun Eyler teoremasidan foydalanamiz.

$$\sum_i q_i \frac{\partial L}{\partial q_i} = \sum_i q_i \frac{\partial T}{\partial q_i} = 2T$$

Bu ifodadan foydalansak to'la energiya quyidagi ko'rinishga keladi.

$$E = T(q_i q) + U(q); \qquad (8)$$

Dekart koordinatalar sistemasiga to'liq energiya

$$E = \sum_0 \frac{m_0 v_0^2}{2} + U(\vec{r}_1, \vec{r}_2 ....) \qquad (9)$$

Shunday qilib, sistemaning to'la energiyasi tezlikka bog'liq bo'lgan kinetik energiya xamda zarrachaning koordinatasiga bog'liq bo'lgan potentsial energiyasidan iborat bo'ladi.

Nazorat topshiriqlari.

1.Nyutonning 2- qonuni formulasini ko'rsating.

A) $F - ma$ B) $a = \frac{f}{m}$ S) $m = F / a$ D) $F = \frac{m}{a}$ E) $a = Fm$

2.Kinetik energiya ifodasini yozing.

A) $E = \frac{mr^2}{2}$ B) $E = \frac{mV}{2}$ S) $E = mv^2$ D) $E = mqk$ E) $E = ar$

3.Energiyaning saqlanish qonunini ta'riflang.

4.Energiyaning saqlanish qonunini tushuntiring.

5.Energiyaning saqlanishi nima uchun harakat integrali deyiladi?

3-asosiy savol:Impuls.Impulsning saqlanish qonuni.

3-asosiy savolning maqsadi:

A)Impuls tushunchasini ochib berish

V)Impulsning saqlanish qonunini fazo va vaqt xususiyatlaridan kelib chiqib tushuntirish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1.Impulsni biladi va tushuntirib bera oladi.

2.Impulsning saqlanish qonunini tushunadi.

3.Impulsning saqlanish qonunini xarakatni o'rganishga tadbiq qila oladi.

3-asosiy savolning bayoni:

Biz xozir impuls saqlanish qonunidan kelib chiqadigan 2 turli xil natijani qarab chiqamiz.

Birinchi natija Nyuton kuchlari xaqidagi fikrlar asosida: ikkinchisi Galileyning nisbiylik printsipi va energiyaning saqlanish qonuni asosida.

1.Impulsning saqlanish qonuni faqatgina $F = ma$ tenglamaning asosiy natijasidan kelib chiqmaydi.Bu xolda biz qo'shimcha tariqasida faraz qilamizki, zarrachalar o'rtasidagi ta'sir qiluvchi kuchlari Nyuton kuchlaridir va ular uchun Nyutonning 3 qonuni o'rinlidir.Bu qonunga qo'ra xar qanday ikkita jism o'zaro son qiymati jixatidan teng va qarama- qarshi yo'nalgan kuch bilan ta'sirlashadi.

$$F_{21} = -F_{12} \qquad \textbf{(10)}$$

Nyutonning 2-chi qonunidan esa xar qandey kichik vaqt ichida

$F_{12} = m_2 \Delta V_2 / \Delta t$; $F_{21} = m_1 \Delta V_1 / \Delta t$ ekanligi kelib chiqadi.

Lekin $F_{12} = -F_{21}$ va biz impulsning saqlanish qonunini olimiz.

$$m_1 \Delta V_1 + m_2 \Delta V_2 = 0 \qquad (11)$$

Yoki

$$(m_1 V_1 + m_2 V_2)_{\text{áîøëàíãè÷}} = (m_1 V_1 + m_2 V_2)_{\text{îõèðãè}} \qquad (12)$$

Ixtiyoriy vaqt mamentida $m_1 V_1 + m_2 V_2$ ikki to'qnashuvchi jismlar,impulslar yig'indisi doimiy bo'lar ekan.Shuni etiborga olish lozimki, agarda ta'sirlanish kuchlari nyuton kuchlari bo'lsa, yuqoridagi ifodalar to'liq bajariladi.

Lekin ko'pchilik xollarda kuchlarning Nyuton kuchlari xarakterida deb xisoblash to'g'ri bo'lavermaydi. Shunga qaramay impulsning saqlanish qonuni doimo aniq qonundir.Xaqiqatdan xam, masalan 2 ta zaryadlangan zarracha bir-biriga yaqin joydan o'tsa,ularning xarakat traektoriyasi o'zgaradi.Bu erda ta'sir kuchlari Nyuton kuchlari bo'lmasa xam impuls saqlanish qonuni doimo bajariladi.

Shunday qilib ixtiyoriy vaqt mamentida F_{21} kuch aniq $-F_{12}$ ga teng bo'lmasligi mumkin ekan.Lekin shunga qaramay saqlanish qonuni bajariladi.

2.Bu xolda biz Galileyning nisbiylik printsipi xamda energiya va massaning saqlanish qonunida kelib chiqamiz. Dastavval V_1 va V_2 tezlikka ega bo'lgan bir va ikkinchi zarrachani qarab chiqamiz.Faraz qilaylik ularning boshlang'ich (oxirgi) vaziyatlari fazoda bir-biridan etarlicha ajratilgan, ya'ni to'qnashishdan oldin va keyin ular o'zaro ta'sirlashmaydi.

Maktab kursidan ma'lumki, to'qnashgunga qadar zarrachalarning kinetik energiyasi

$$1/2 m_1 V_1^2 + 1/2 m_2 V_2^2 \qquad (13)$$

ga teng.Zarrachalar o'zaro ta'sirlashsin, ta'sir elastik bo'lishi hart emas.U xolda to'qnashgandan keyingi kinetik energiya

$$1/2 m_1 \omega_1^2 + 1/2 m_2 \omega_2^2 \qquad (14)$$

Bu erda ω_1 va ω_2 tezliklarning to'qnashishdan keyingi tezliklari,bu tezliklar aniqlangan paytda zarrachalar o'zaro ta'sirlashmaydi.

Energiyaning saqlanish qonuni

$$1/2 m_1 V_1^2 + 1/2 m_2 V_2^2 = 1/2 m_1 \omega 1^2 + 1/2 m_2 \omega_2^2 + \Delta E \qquad (15)$$

Bu erda $\Delta E -$ ta'sir tufayli zarracha ichki uyg'onish aylanma yoki ichki tebranma xarakat bo'lishi mumkin.Elastik ta'sirlanishda $\Delta E = 0$ bo'ladi.

Endi xuddi shunday ta'sirni qaralaetgan sistemaga nisbatan V tezlik bilan xarakatlanaetgan sanoq sistemasida qarab chiqaylik. Bu xolda boshlang'ich tezliklar V_1^1 va $V_2^{\ 1}$ to'qnashishdan keyingi tezliklar ω_1^2 va ω_2^1 lar bo'lsin. Tezliklarni qo'shish qoydasiga ko'ra $V_1^1 = V_1^2 - V$ **;**

$V_2^{\ 1} = V_2 - V$ **;** $\omega_1^{\ 1} = \omega_1 - V$ **;** $\omega_2^{\ 1} = \omega_2 - V$ **;** **(16)**

Bu sistemada energiyaning saqlanish qonuni

$$1/2m_1V_1^{\ 12} + 1/2m_2V_2^{\ 12} = 1/2m_1\omega_1^{\ 12} + 1/2m_2\omega_2^{\ 12} + \Delta E \qquad (17)$$

Uyg'onish energiyasi bu xolda xam o'zgarmaydi deb xisoblaymiz. Bu tajriba yo'li bilan isbotlangan. Energiyaning saqlanish qonuni Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant bo'lishi kerak. U xolda

$$\begin{aligned} &1/2m_1(V_1^{\ 2} - 2V_1V - V^2) + 1/2m_2(V_2^{\ 2} - 2V_2V + V^2) = \\ &= 1/2m_1(\omega_1^{\ 2} - 2\omega_1^{\ 2}V + V^2) + 1/2m_2(\omega_2^{\ 2} - 2\omega_2^{\ 2}V + V^2) + \Delta E \end{aligned} \qquad (18)$$

Tenglikning o'ng va chap tomonlardagi V^2 ga bog'liq qo'shiluvchilar qisqaradi (18) munosabat (14) munosabatga aylanadi. Bu xolda o'rinli bo'ladi, agarda

$$(m_1V_1 + m_2V_2)V = (m_1\omega_1 + m_2\omega_2)V \qquad (19)$$

Shart bajarilsa (19) tenglama ixtieriy V tezlik uchun bajarilishi kerak. Demak, umumiy echim

$$m_1V_1 + m_2V_2 - m_1\omega_1 + m_2\omega_2 \qquad (20)$$

Ga teng bo'ladi. Olingan ifoda impulsning saqlanish qonunidir.

Nazorat topshiriqlari.

1. Nyutonning 2- qonuni ifodasini korsating .

a) $F = \dfrac{m}{a}$ v) $F = \dfrac{dp}{dt}$ s) $F = dp \cdot dt$ d) $p = \dfrac{F}{t}$ e) $F = mvt$

2. Kinetik energiya ifodasini ezing.

a) mgh v) mv^2 s) $F \cdot S$ d) $\dfrac{mv^2}{3}$ e) $\dfrac{mv^2}{2}$

3.Energiyaning saqlanish qonunini ta'riflang va tushuntiring.

4.Ikkita poezd bir-biring yonidan $V = 20m/c$ tezlik bilan qarama-qarshi tomonga xarakatlanmoqda.Agarda biror poezdagi kuzatuvchining oldidan ikkinchi poezd 10 s vaqt ichida o'tgan bo'lsa, ikkinchi poezdning tezligini toping.

5. 4 kg massali miltiqdan 0,05 kg massali o'q 28 mG's tezlik bilan uchib chiqmoqda. Miltiqning «tepki» tezligi topilsin.

Impuls va energiyaning saqlanish qonunini o'rganishga doir masalalar.
Ikkita zarracha bir turli chiziq bo'yicha xarakatlanmoqda va ular absalyut elastik to'qnashsin. Faraz qilaylik zarrachalarning tezligi va
bo'lsin , ular X o'ynalishi bo'ylab xarakatlansin.

$$\overset{V_1}{\bullet \to m_1} \qquad \overset{V_2}{\bullet \to m_2} \qquad\qquad \overset{V_1}{\bullet \to m_1} \qquad \overset{V_2}{\bullet \to m_2}$$

To'qnashgandan so'ng ularning tezligi V_1 V_2 bo'lsin.
Impulsning saqlanish qonuniga ko'ra

$$m_1V_1 + m_2V_2 = m_1\omega_1 + m_2\omega_2 \qquad (21)$$

To'qnashish elastik bo'lsa energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$1/2m_1V_1^2 + 1/2m_2V_2^2 = 1/2m_1V_1^2 + 1/2m_2V_2^2 \qquad (22)$$

Shunday qilib, ikki noma'lumli ikkita tenglamani oldik.Birinchi tenglamani kuyidagi ko'rinishda yozamiz.

$$m_1(V_1 - V_1) = m_2(V_2 - V_2) \qquad (23)$$

Ikkinchi tenglama esa

$$m_1(V_1^2 - V_1^2) = m_2(V_2^2 - V_2^2)$$

yoki

$$m_1(V_1 - V_1(V_1 + V_1) = m_2(V_2 - V_2)(V_2 + V_2) \qquad (24)$$

Ko'rinishini oladi (24) tenglamani (23) tenglamaga bo'lsak $(V_1 \neq V_1)$; $(V_2 \neq V_2)$ quyidagani olimiz

$$V_1 + V_1 = V_2 + V_2 \qquad (25)$$

Bir necha xususiy xollarni qarab chiqaylik.

1. Zarrachalarning massalari bir xil $(m_1 = m_2)$

Impulsning saqlanish qonunidan

$$V_1 + V_2 = V_1 + V_2$$

Ikkinchi tenglama energiyaning saqlanish qonunidan kelib chiqadigan (25) tenglamadir.Bu ikkala tenglamaning birgalikdagi echimidan

$$V_2 = V_1 \quad \text{va} \quad V_1 = V_2 \qquad (26)$$

Kelib chiqadi.Shunday qilib, bu xolda ikki zarrachaning to'qnashishidan keyingi tezligi birinchi zarrachaning to'qnashishidan oldingi tezligiga teng bo'lar ekan va aksincha.Agarda to'qnashishdan oldin zarracha tinch turgan bo'lsa.
Bu xol billiard o'ynovchilarga yaxshi tanish.

2.Ikkinchi zarracha tinch xolatda turibdi $(V_2 = 0)$.Bu xolda impuls va energiyaning saqlanish qonunidan quyidagi kelib chiqadi.

$$V_2 = V_1(2m_1 / m_1 + m_2); \qquad V_1 = V_2(m_1 - m_2 / m_1 + m_2)$$

Bu xolda qo'yidagi xususiy xollar aloxida qiziqish tug'diradi.

A) $V_2 = 0 \quad m_1 = m_2$ Bu xol oldingi masalada qarab chiqilgan uchib kelayotgan zarrachaning tezligi to'laligicha ikkinchi zarrachaga beriladi.

B) $V_2 = 0 \quad m_1 >> m_2$ Bu xolda og'ir zarracha engil zarracha bilan ta'sirlashadi.

$$V_2 \approx 2V_1 \qquad V_1 \approx V_1$$

Og'ir zarracha tezligi deyarli o'zgarmaydi, yangi zarracha tezligi deyarli ikki marta ortadi. (og'ir zarrachaga nisbatan)

V) $V_2 = 0 \; m_1 << m_2$ xarakterlanayotgan ungil jism juda xam og'ir jism bilan to'qnashadi , bu xolda $V_2 = 0 \quad V_1 = _- V_1$ og'ir jism deyarli xarakatlanmaydi, o'z joyida qoladi, engil jism esa dastlabki yo'nalishga qarama-qarshi tomonga xuddi shunday tezlikda qaytadi.

Xulosa qilib aytiladigan bo'lsa,ixtiyoriy absalyut elastik to'qnashish uchun

$$V_2 = V_1(2m_1 / m_1 + m_2) + V_2(m_1 - m_2 / m_1 + m_2)$$

$$V_1 = V_2(m_1 - m_2 / m_1 + m_2) + V_1(2m_1 / m_1 + m_2)$$

munosabatlar o'rinli bo'ladi.

Nazorat topshiriqlari.

1.Nyutonning 3-qonuni ifodasini ko'rsating.

a) $F = m / a$ v) $F_1 = _- F_2$ s) $F = ma$ d) $F = qE$ e) $F = qBV$

2.Elastik to'qnashish qanday to'qnashish?

3.Absolyut elastik to'qnashish nima?.

4. Suv shlangidan 50mG's tezlik bilan 5 kgG'sek suv sarfi bilan chiqmoqda. Devorga tegib suv to'xtab qoladi.Suvning devorga ta'sir kuchi topilsin.

5.1.01 m.a.b.ga ega bo'lgan protonning tezligi $3{,}6 * 10^4 \, m / c$ u tinch turgan guliy yadrosi ($m_{He} = 4$ m.v.b.) bilan absolyut elastik to'qnashadi.To'qnashishdan keyin proton va geliy yadrosi qandey tezlik oladi.

6.Ikkita billyard sharchasi massalari va tezliklari mos ravishda 100 g,10 mG's va 120 g, 15 mG's .Ular 45° birchak ostida to'qnashadi. To'qnashishdan keyingi tezliklari qandey?

Agar to'qnashishda zarrachalarning kinetik energiyalari saqlanmasa,bo'nday to'qnashishlarga noelastik to'qnashishlar deyiladi.Bunday to'qnashishlardan kinetik energiyaning bir qismi boshqa qo'rinishda energiyaga aylanadi,masalan issiqlik yoki potentsial energiyaga.Demak,to'qnashgandan so'ng to'la kinetik energiya to'qnashgandan oldingidan kamayadi.Shuni ta'kidlash lozimki,boshqacha xol xam bo'lishi mumkin,ya'ni to'qnashishdan so'ng ma'lum bir energiya ajralib chiqishi (masalan,kimyoviy yoki yadro) xam mumkin. Bu xolda to'qnashishdan keyingi kinetik energiyada katta bo'ladi.Agarda to'qnashgandan co'ng ikkala jism qo'shilib qolsa, u xolda ular yaxlit bitta jism singari xarakatlanadi. Bunday to'qnashishga absolyut noelastik to'qnashish deyiladi.Kinetik energiya saqlanmasligiga qaramasdan to'la energiya doimo saqlanadi.

Nazorat topshiriqladi.
1.Noelastik to’qnashishni tushuntiring.
2.Noelastik to’qnashishda impuls qanday o’zgaradi.
3. 10 massali temir yo’l vagoni tinch turgan xuddi shunday vagon bilan to’qnashadi.Agarda birinchi vagonning tezligi 24 mG’s bo’lsa,to’qnashuvdan so’ng vagonlar qanday tezlik bilan xarakatlanadi.

4.A va VS molekulalar quyidagi ximoyaviy reaktsiyani sodir qilishdi. AQVSqVQAS. V va S atomlar. Energiya va impulsning saqlanish qonunlari yordamida ta’sir natijasida katta massali zarracha yo’qongan energiya topilsin.

Nazorat topshiriqlari.
1.Impulsning ifodasini yozing.
a) $P = mV$ b) $P = F \cdot t$ s) $P = mc^2$ d) $P = m_g h$ e) $P = \frac{m}{2}$

2.Impulsning saqlanish qonunini ta’riflang.

3.Ikkita poezd bir- birining yonidan 20mG’s tezlik bilan qarama-qarshi tomonga xarakatlanmoqda.Agar biror poezdagi kuzatuvchining oldidan poezd 10 s vaqt ichida o’tgan bo’lsa, ikkinchi poezning tezligini toping.
a)20 mG’s b)2 mG’s s) 200 mG’s d)200 m e)100 m

4.kg massali miltiqdan 0,05 kg massali o’q 200 mG’s tezlik bilan uchib chiqmoqda.Miltiqning tepki tezligi topilsin.
5.Elastik to’qnashish qanday to’qnashish?

4-asosiy savol: Inertsiya markazi.

4-asosiy savolning maqsadi:
Inertsiya markazi va uning zaruriyatini tushuntirish.

Identiv o’quv maqsadlari:

1.Turli inertsial sanoq sistemalarida impulsning saqlanish qonunini topa oladi.
2.Inertsiya markazini xisoblashni o’rganadi.

4-asosiy savolning bayoni:

Berk mexanik sistemaning impulsi turli sanoq sistemalariga nisbatan turli qiymatlarga ega bo’ladi. Agarda K sanoq sistemasi K^1 sistemasiga nisbatan katta V tezlik bilan xarakat qilayotgan bo’lsa,u xolda bu sistemaga nisbatan zarrachaning tezligi quyidagicha bog’langan bo’ladi:

$$V_a = V_a^1 + V \tag{21}$$

Shu sababli,bu sistemalardagi impulslar quyidagicha munosabatda bo'ladi.

$$P = \sum_a m_a V_a = \sum_a m_a V_a^1 + V \sum_a m_a$$

yoki

$$P = P^1 + V \sum_a m_a \tag{22}$$

Xususiy xolda shunday K^1 sanoq sistemalari topiladiki, sistemaning to'la impulsi nolga teng bo'ladi. $P^1 = C$ deb xisoblasak,tezlik quyidagicha topiladi:

$$V = \frac{P}{\sum m_a} = \frac{\sum m_a V_a}{\sum m_a} \tag{23}$$

Agar mexanik sistemaning to'la energiyasi noldan farqli bo'lib,to'la impulsi nol bo'lsa, u mos sitemaga nisbatan tinch xolatda turadi.Bu moddiy nuqtaning tabiiy tinchligidir.Impulsning saqlanish qonuni tabiiy xolda tinchlik va sistema xarakatini yaxlit xolda o'rganish imkonini beradi. Yuqoridagi tezlik va jismning massasi o'rtasidagi boo'lanishni ko'rsatadi. Bu erda $\sum m_a$ sistema barcha zarrachalari massalarining $\mu = \sum m_a$

yig'indisidir.Bunday massaning additivligi kelib chiqadi.
Formulaning o'ng tomoni quyidagi ifodadan to'la differentsialdir.

$$R = \frac{\sum m_a r_a}{\sum m_a} \tag{24}$$

Shuni ta'kidlash lozimki,berk sistemaning tezligi bu formula bilan berilayotgan radius vektorining xarakat tezligidir.Bu nuqtaga sistemaning enertsiya markazi deb aytiladi.Impulsning saqlanish qonunidan kelib chiqadiki, inertsiya markazi to'g'ri chiziqli tekis xarakat qilar ekan.To'la energiya quyidagicha yozilishi mumkin:

$$E = \mu \frac{v^2}{2} + E_u$$

Nazorat topshiriqlari.

1.Inertsiya markazi qanday nuqta?

2.Nima uchun inertsiya markazi topiladi.

3.Bir inertsial sanoq sistemasidan boshqasiga o'tganda almashtirish qonunini toping.

4.Bir-biriga nisbatan xarakatlanayotgan sanoq sistemasiga nisbatan sistemaning to'la energiyasi topilsin.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ish topshiriqlari.

1.Saqlanish qonunlari to'g'risida umumiy tushunchalar.

(1) 24-25

(2) 65-68

2.Energiyaning saqlanish qonuni.

(1) 24-26

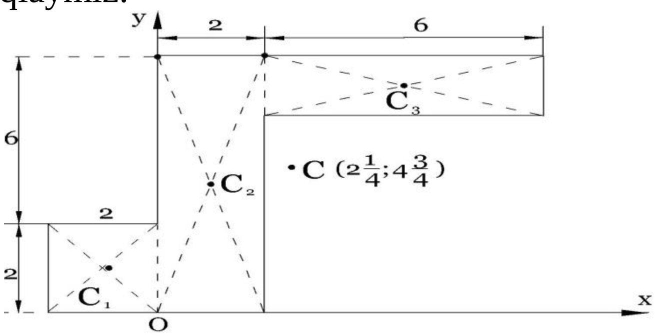
(2) 67-70

3.Impuls.Impulsning saqlanish qonuni.
(1)		23-29
(2)		71-75
4.Inertsiya markazi.
(1)		28-30
(2)		92-124

Mavzuga oid adabiyotlar:

1.L.D.Landau, E.M.Lifshits,   Mexanika.M.Nauka.1988 g.
2.M.Yaxyoyoev, K. Mo'minov.Nazariy mexanika. T.o'qituvchi. 1990 y
3.Olxovskiy I.I.   Kurs teoricheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

Inertsiya markazini aniqlash bo'yicha masalalar:
1-masala
Rasmda jism yuzasining og'irlik markazi aniqlansin. O'lchamlari sm larda berilgan. Koordinata o'qlarini o'tkazib , har bir bo'lagi og'irlik markazi koordinatalarini aniqlaymiz.



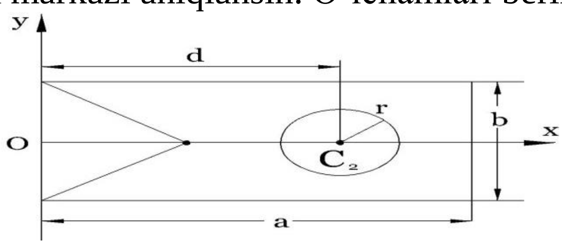
20-rasm

$C_1(-1;1), C_1(1;4), C_1(5;7);$
$S_1 = 4\ sm^2, S_2 = 16\ sm^2, S_3 = 12\ sm^2;$
Yechish:
$x_c = \frac{\sum \Delta s_i x_i}{s}$; $y_c = \frac{\sum \Delta s_i y_i}{s}$; $z_c = \frac{\sum \Delta s_i z_i}{s}$ ga asosan.

$$x_c = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2 + S_3 x_3}{S_1 + S_2 + S_3} = \frac{4(-1) + 16 * 1 + 15 * 5}{4 + 16 + 12} = 2\frac{1}{4}\ sm$$

$$y_c = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2 + S_3 y_3}{S_1 + S_2 + S_3} = \frac{4 * 1 + 16 * 4 + 12 * 7}{4 + 16 + 12} = 4\frac{3}{4}\ sm$$

2-masala
Rasmdagi jism og'irlik markazi aniqlansin. O'lchamlari berilgan.



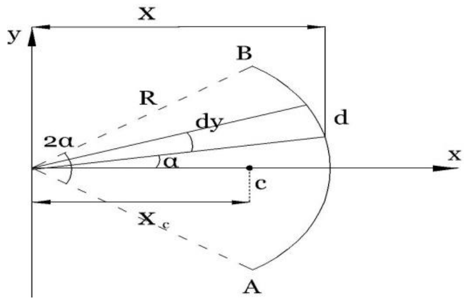
21-rasm

$x_1 = \frac{a}{2}$, $x_2 = d$, $y_1 = 0$, $y_2 = 0$, $S_1 = ab$, $S_2 = -\pi r^2$;
Yechish:

$$x_c = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2}{S_1 + S_2} = \frac{ab * \frac{a}{2} - \pi r^2 d}{ab - \pi r^2} = \frac{a^2 b - 2\pi r^2 d}{2(ab - \pi r^2)}\ ;\ y_c = 0\ ;$$

3-masala

Radiusi R, markaziy burchagi 2α ga teng bo'lgan aylana yoyining og'irlik markazini aniqlaymiz.



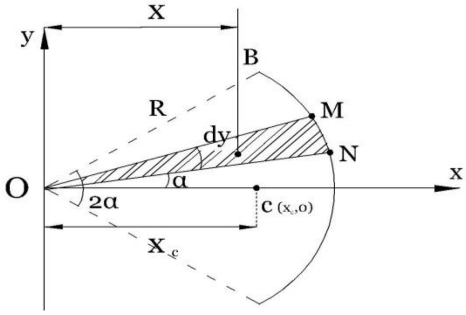
22-rasm

Yechish:

Rasmdan ma'lumki $dl = Rd\varphi$, $x = R\cos\varphi$, $L = \cup AB = 2R\alpha$. Endi $x_c = \frac{\int_L xdl}{L}$ ga asosan $x_c = \frac{\int_L xdl}{L} = \frac{\int_{-\alpha}^{\alpha} R^2 \cos\varphi d\varphi}{2R\alpha} = \frac{R\sin\alpha}{\alpha} = R$
$(\lim_{\alpha\to\infty} \frac{\sin\alpha}{\alpha} = 1)$. Demak aylana yoyi koordinatasi
$x_c = R$, $y_c = 0$

4-masala

Radiusi R, markaziy burchagi 2α ga teng doira sektorining og'irlik markazini aniqlang.



23-rasm

Yechish:

$dS = \frac{1}{2} R^2 d\varphi; x = \frac{2}{3} R\cos\varphi$ chunki OMN sektorni balandligi R ga teng uchburchak deb qaraladi. Undan tashqari $\cup MN = Rd\varphi$ og'irlik markazi O nuqtadan $\frac{2}{3} R$ masofada yotadi. Shu sababli

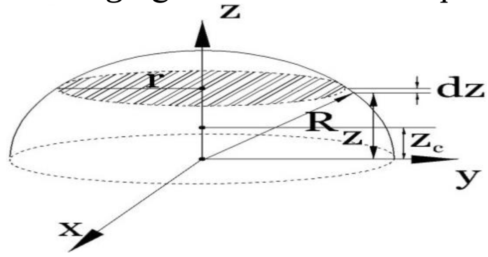
$$x_c = \frac{\int_s xdS}{\int_s dS} = \frac{\int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{2}{3} R\cos\varphi \frac{1}{2} R^2 d\varphi}{\int_s \frac{1}{2} R^2 d\varphi} =$$

$$= \frac{\frac{2}{3} R(\sin\alpha + \sin\alpha)}{\alpha + \alpha} = \frac{2}{3} \frac{R\sin\alpha}{\alpha} \Rightarrow (\lim_{\alpha\to\infty} \frac{\sin\alpha}{\alpha} = 1) \Rightarrow \frac{2}{3} R$$

Demak $(\frac{2}{3}R; 0)$

5-masala

Radiusi R ga teng yarim sharning og'irlik markazi aniqlansin.



24-rasm

Yechish:

Oz o'qini simmetriya o'qi bo'ylab yo'naltiramiz.

$$x_c = 0\ ;\ y_c = 0;\ z_c = \frac{1}{V} \int_V zdV$$

Radiusi r ga, qalinligi dz ga teng elementar disk ajratib olamiz. U holda $r = \sqrt{R^2 - z^2}$, $dV = \pi r^2 dz = \pi(R^2 - z^2)dz$. Yarim shar hajmi $V = \frac{2}{3}\pi R^3$.

$$z_c = \frac{1}{\frac{2}{3}\pi R^3} \int_0^R \pi(R^2 - z^2)zdz = \frac{\pi R^2 \int_0^R zdz - \pi \int_0^R z^3 dz}{\frac{2}{3}\pi R^3} =$$

$\frac{\pi R^2 \frac{R^2}{2} - \pi \frac{R^2}{4}}{\frac{2}{3}\pi R^3} = \frac{3R}{8}$. demak yarimsharning og'irlik markazi

$x_c = 0\ ;\ y_c = 0;\ z_c = \frac{3R}{8}$ ekan.

4-mavzu. Impuls momenti. Mexanik o'xshashlik.

Asosiy savollar:

1.Impuls mamenti.

2.Mexanik o'xshashlik

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Lagranj funktsiyasi	Xarakat tenglamasi	Bir jinsli funktsiya
Traektoriya	Koordinata sistemasi	Kinetik energiya
Ko'paytuvchi	Kepler qonuni	Chiziqli funktsiya
Kuch maydoni	Virial teorema	O'rtacha kattalik

1-asosiy savol: Impuls mamenti va uning saqlanish qonuni.

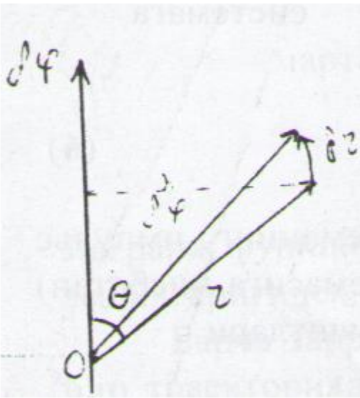
1-asosiy savolning maqsadi:
Impuls mamentini xisoblash va uning saqlanish qonunini fazoning izotropligi evaziga kelib chiqishini tushuntirish
Identiv o'quv maqsadlari:
1.Fazoning izotropligini tushunadi.
2.Impuls mamentini xisoblay oladi.
3.Ixtiyoriy sistema uchun Lagranj funktsiyasini yoza oladi.
4. Impuls momentining saqlanish qonunini tushunib oladi.

1-asosiy savolning bayoni:

Fazoning bir jinsliligi bilan bog'liq saqlanish qonunlarini qarab chiqamiz.Izotrop degan so'z, berk sistemaning mexanik xususiyatlari sistemaning ixtiyoriy burilishida o'zgarmay saqlanishi kerak.Sistemaning kichik burilishini qarab chiqishda Lagranj funktsiyasining o'zgarmasligini ta'lib qilamiz.

Biror cheksiz kichik $\delta\varphi$ burilish vektorini kiritamiz.Absalyut qiymati $\delta\varphi$ ga teng va o'ynalishi burilish o'qining yo'nalishi bilan mos tushadi.Dastlab koordinata boshidan o'tkazilgan r radius vektorining o'zgarshini qarab chiqamiz.

Radius vektorining chiziqli o'zgarishi burchak bilan quyidagicha bog'langan. $|\delta r| = rSin\,o\delta\varphi$



Yo'nalishi esa, va o'tuvchi tekislikka perpendikulyar. Shu sababli

$$\delta r = [\delta\varphi \cdot r] \qquad (1)$$

Sistemaning burilishida faqatgina radius vektorining yo'nalishi emas,balki barcha qismlarning tezliklari xam o'zgaradi. Shu sababli qo'zg'almas koordinata sistemaga nisbatan tezlikning o'zgarishi

$$\delta V = [\delta\phi V] \qquad (2)$$

Bu ifodani burilishda Lagranj funktsiyasining o'zgarmaslik sharti

$$\delta L = \sum_a \left(\frac{\partial L}{\partial r_a}\delta r_a + \frac{\partial L}{\partial V_o}\delta V_a\right) = 0 \qquad (3)$$

ga ko'ysak va $\partial L / \partial V_a, P_a, \partial L / \partial r_a = P_a$ xosilalarini almashtirsak,

$$\sum_0 \left(\frac{\partial L}{\partial r_a}[\delta\varphi \cdot r_a] + P_a[\delta\varphi \cdot V_a]\right) = 0$$

yoki qo'paytuvchilarni tsiklik almashtirib va $\delta\varphi$ ni yig'indi ishorasidan tashqariga chiqarsak kuyidagini olamiz.

$$\delta\varphi\sum_{0}([r_a\cdot P_0]+[V_a\cdot P_a])=\delta\varphi\frac{d}{dt}\sum[r_aP_a]=0 \tag{4}$$

$\delta\varphi$ ning ixtiyoriy ekanligidan

$$\frac{d}{dt}\sum_a[r_a\cdot P_a]=0$$

kelib chiqadi,ya’ni biz berk sistema uchun

$$M=\sum_a [r_aP_a] \tag{5}$$

vektor kattaliklarining o’zgarmas ekanligini olamiz.Bu vektor kattalikka sistemaning impuls mamenti deyiladi.Sistemaning impuls mamenti xam idditiv kattalik bo’lib, zarrachalar o’rtasidagi o’zaro ta’sirga bog’liq emas.

Bu bilan idditiv xarakat integralining kattaliklari tugaydi. Demak,ettita xuddu shunday integral ixtiyoriy berk sistema uchun mavjud ekan:energiya va uchtadan impuls va impuls mamentlari vektorlari komponentlari.

Agarda K^1 sanoq sistemasi mexanik sistema umumiy xolda tinch xolatda turadigan sistema bo’lsa, sistemaning inertsiya markazi tezligi V va impulsi K sistemaga nisbatan $P=pv$ bo’lsa, u xolda

$$M=M^{+}+[RP]$$

Boshqacha qilib aytganda,ixtiyoriy mexanik sistemaning impuls mamenti xususiy mament (u tinch turadigan sanoq sistemasiga nisbatan)va uning xarakati bilan bog’liq bo’lgan $[RP]$ mamentlari yig’indisidan iborat bo’ladi.

Nazorat topshiriqlari:

1.Impuls mamenti deb nimaga aytiladi.
2.Moddiy nuqta uchun impuls mamenti ifodasini qo’rsating.
3.Moddiy nuqta impulsining o’qqa nisbatan mamenti deb nimaga aytiladi.
4.Moddiy nuqta impulsining O nuqtaga nisbatan bosh mamenti deb nimaga aytiladi.
5.Moddiy nuqta impulsining O nuqtaga nisbatan bosh mamenti ifodasini yozing.

2-asosiy savol:Mexanik o’xshashlik.

2-asosiy savolning maqsadi:

Xarakat tenglamalarini integrallamasdan turib xarakat xususiyatlarini o’rganish.

Identiv o’quv maqsadlari:

1.Ixtiyoriy xol uchun potentsial energiyani ifodalay oladi.
2.Keplerning ikkinchi qonunini impulsning saqlanish qonuni orqali tushuntira biladi.
3.Ixtiyoriy sistema uchun to’la energiyani topa oladi.

2-asosiy savolning bayoni:

Lagranj funktsiyasini ixtiyoriy doimiy qo'paytuvchiga ko'paytirish xarakat tenglamasini o'zgartirmaydi.Potentsial energiya koordinataning bir jinsli funktsiyasi xolini qarab chiqaylik:

$$U(\prec r_{.},\prec r_2.......,\prec r_n) = \prec^k U(r_1, r_2.., r_n) \qquad (7)$$

Bu erda $\prec$ - doimiy kattalik, k - bir jinsli funktsiya darajasi.
Quyidagi almashtirishni amalga oshiraylik:

$$r_a \to \prec r_a, \qquad t \to \beta t$$

barcha $V_a = \partial r_{0/0t}$ tezliklar $\frac{\prec}{\beta}$ marta o'zgaradi.Kinetik energiya esa marta o'zgaradi. $\prec$ va β kattaliklarni kattaliklarni o'zaro bog'lasak,

$$\frac{\prec^2}{\beta^2} = \prec^k, \qquad \beta = \ell^{i-\frac{k}{2}}$$

Lagranj funktsiyasi ℓ^k marta o'zgaradi.Xarakat tenglamasi esa ilgarigidek qoladi.

Barcha zarrachalar koordinatalarini bir xil miqdorda o'zgartirsak , bir traektoriyadan ikkinchi traektoriyaga o'tiladi xolos.Xarakat vaqti quyidagicha nisbatda bo'ladi:

$$\frac{t^1}{t} = \left(\frac{l^1}{l}\right)^{1-\frac{k}{2}} \qquad (8)$$

bu erda l^1/l - ikkita traektoriya chiziqli o'lchamlaridir.Tezlik,energiya va mament uchun kuyidagi ifodani olamiz.

$$\frac{v^1}{v} = \left(\frac{l^1}{l}\right)^{\frac{k}{2}}, \frac{E^1}{E} = \left(\frac{l^1}{l}\right)^k, \frac{m^1}{m} = \left(\frac{l^1}{l}\right)^{1+\frac{k}{2}} \qquad (9)$$

Ba'zi bir misollarni qarab chiqaylik.
Bir jinsli kuch maydonida potentsial energiya koordinata chiziqdi funktsiyadir.(8) formuladan quyidagi munosabatni olamiz:

$$\frac{l^1}{l} = \left(\frac{t^1}{t}\right)^2 \qquad (10)$$

Bu erdan kelib chiqadiki masalan,og'irlik kuchi maydonida tushushda vaqlar nisbatining kvadrati ularning balandliklari nisbatiga teng bo'ladi.

Ikkita jismning gravitatsion ta'siri yoki ikkita zaryadning Kulon ta'sirida potentsial energiya zarrachalar orasidagi masofaning kvadratiga teskari proportsional.Bu xolda quyidagi munosabatni olamiz:

$$\frac{t^1}{t} = \left(\frac{l^1}{l}\right)^{3/2} \qquad (11)$$

Olingan ifoda Keplerning 3-qonunini ifodalaydi:Aylanish davrlari kvadratlarining nisbari mos o'lchamlari kublarining nisbati kabidir.

Sistema xarakati chegaralangan fazoda sodir bo'layotgan bo'lsa vaqt bo'yicha kinetik va potentsial energiyaning o'rtacha qiymatlari sodda bog'lanishga ega.Bu bog'lanishga virial teorema deb aytiladi.
Kinetik energiya tezligining kvadratik funktsiyasi bo'lganligi sababli Eyler teoremasiga ko'ra quyidagi munosabatni olamiz

$$\sum_a \frac{\partial T}{\partial V^2} V_a = 2T \qquad (12)$$

yoki $\frac{\partial T}{\partial V_2} - P_a$ impulsni kiritsak

$$2T = \sum_a P_a V_a = \frac{d}{dt}(\sum_a P_a r_a) - \sum_a r_a P_a \qquad (13)$$

bu shartni vaqt bo'yicha o'rtachalashtiramiz.Biror funktsiyaning vaqt bo'yicha o'rtacha qiymati deganda

$$f = \lim_{\tau\to\infty} \frac{1}{\tau}\int_0^\tau f(t)dt$$

tushuniladi.Agarda $f(t)$ funktsiya vaqt bo'yicha boshqa biror $F(t)$ funktsiyadan o'rtacha qiymati no'lga teng bo'ladi.Xaqiqatdan xam,

$$f = \lim_{\tau\to\infty} \frac{1}{\tau}\int_0^\tau \frac{dF}{dt}dt = \lim_{\tau\to\infty} \frac{F(\tau) - F(0)}{\tau} = 0 \qquad (14)$$

Faraz qilaylik sistema fazoda oxirgi qismida chekli tezliklar bilan xarakat qilayotgan bo'lsin.U xolda $\sum \tau_e P_a$ kattalik chegaralangan va (12) ifodaning o'ng qismidagi birinchi xad nolga teng bo'ladi.Ikkinchi xadda impulsdan olingan xosilani almashtirib

$$2\overline{T} = \sum_a r_a \frac{\partial u}{\partial r_0} \qquad (15)$$

ifodani olamiz.Agarda potentsial energiya barcha r_a radius vektoridan k -darajali bir jinsli funktsiya bo'lsa,u xolda Eyler tengligidan (15) ifoda ifoda kuyidagi munosabatga o'tadi.

$$\overline{2T} = k\overline{U} \qquad (16)$$

Potentsial va kinetik energiyalar yig'indisi to'la energiya ekanligini e'tiborga olsak,(16) ifoda kuyidagi ekvivalent ko'rinishga keladi.

$$\overline{U} = \frac{2}{k+2}E; \qquad \overline{T} = \frac{k}{k+2}E \qquad (17)$$

Xususan,kichik tebranishlar uchun potentsial va kinetik energiyaning o'rtacha qiymatlari teng bo'ladi.Nyuton ta'sirlashishi uchun esa

$$2\overline{T} = -\overline{U}$$

ifoda kelib chiqadi.

Nazorat topshiriqlari.

1.Potentsial energiya koordinataning bir jinsli funktsiyasi sifatida qanday shartni qanoatlantirishi kerak?
2.Keplerning 3-qonunini ta'riflang.
3.Verial teorema nimani xarakterlaydi?
4.Bir xil potentsial energiyaga ega bo'lgan turli massali jismlarning bir xil traektoriya bo'ylab xarakatlanish vaqtlar nisbatini toping.
5.Potentsial energiyani biror doimiy ko'paytuvchiga o'zgarishi xarakat vaqtini qanday o'zgartiradi.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1.Impuls mamenti.

(1) 30-34 betlar
(2) 54-56 betlar
2.Mexanik o’xshashlik.
(1) 34-39 betlar
(2) 96-98 betlar
Mavzuga oid adabiyotlar:

1.L.D.Landau, E.M.Lifshits, Mexanika.M.Nauka.1988 g.
2.M.Yaxyoyoev, K. Mo’minov.Nazariy mexanika. T.o’qituvchi. 1990 y
3.Olxovskiy I.I. Kurs teoricheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

5-mavzu. Xarakat tenglamalarini integrallash. Bir o’lchovli xarakat. Keltirilgan massa.

Asosiy savollar:
1.Bir o’lchovli xarakat uchun xarakat tenglamasini aniqlash.
2.Bir o’lchovli xarakat (zarrachaning potentsial maydondagi tebranma xarakati) uchun potentsial energiyani aniqlash.
3.Keltirilgan massa.

Mavzuga oid tayanch so’z va iboralar:

Mexanik sistema	Potentsial chuqur	tebranma xarakat
Lagranj funktsiyasi	Chegaraviy masala	Dekart koordinata
Sistemasi	Deformatsiya	Umumlashgan koordinata
Kinetik energiya	Finitiv xarakat	Energiyaning saqlanishi
Simmetrik funktsiya	Moddiy nuqta	Ikki jism masalasi
Infinitiv xarakat	Keltirilgan massa	Potentsial energiya
Radius vektor		

1-asosiy savol:
Bir o’lchovli xarakat uchun xarakat tenglamasini aniqlash.
1-asosiy savolning maqsadi:

Bir o’lchovli xarakatni o’rganish.

Identiv o’quv maqsadi:
1.Bir o’lchovli xarakatni biladi.
2.Bunday xarakat uchun Logranj funktsiyasini yoza oladi.
3.Xarakat tenglamasini integrallay oladi.

1-asosiy savolning bayoni:

Bitta erkinlik darajasiga ega bo'lgan sistemaning xarakatiga bil o'lchovli xarakat deb aytiladi.Bunday sistema uchun Lagranj funktsiyasi umumiy xolda quyidagi qo'rinishga ega:

$$L = \frac{1}{2}a(q)q^2 - U(q) \qquad (1)$$

bu erda $a(q)$ - biror umumlashgan koordinita funktsiyasi.Xususiy xolda Lagranj funktsiyasi quyidagicha yoziladi:

$$L = \frac{mx^2}{2} + U(x) \qquad (2)$$

Bu Lagranj funktsiyalariga mos xarakat tenglamalari umumiy xolda integrallanadi.Lagranj funktsiyasi uchun energiyaning saqlanish qonunidan

$$\frac{mx^2}{2} + U(x) = E$$

ifoda kelib chiqadi.Bu ifoda o'zgaruvchilarni ajratish yo'li bilan integrallanadigan birinchi tartibli differentsial tenglamadir.Bu tenglamada o'zgaruvchilarni ajratib

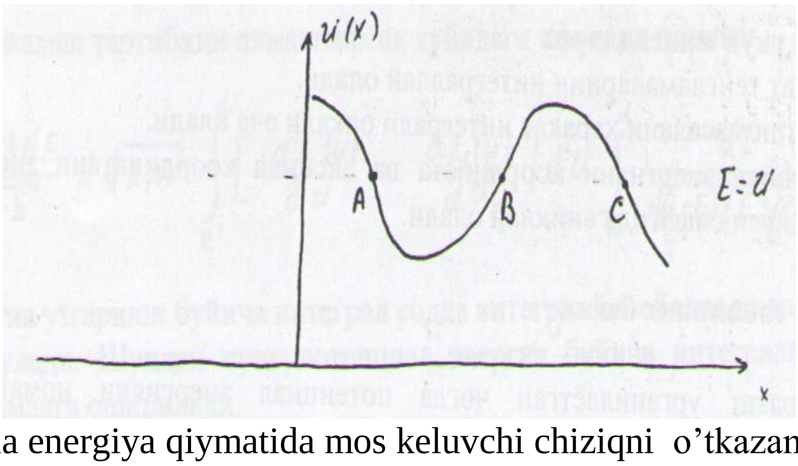
$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{2}{m}\left[E - u(X)\right]}$$

quyidagi vaqt ifodasini olamiz

$$t = \sqrt{\frac{m}{2}}\int \frac{dx}{\sqrt{E - U(x)}} + const \qquad (3)$$

Ikkita ixtiyoriy doimiylik rolini to'la energiya va integrallash doimiysi o'ynaydi.

Kinetik energiya musbat kattalik bo'lganligi sababli xarakat mobaynida to'la energiya doimo potentsial energiyadan kattadir, ya'ni xarakat fazoning $U(x) < E$ qisimlarida sodir bo'ladi.Potentsial energiyaning koordinataga bog'liqligi quyidagi rasmda berilgan



Bu grafikda tula energiya qiymatida mos keluvchi chiziqni o'tkazamiz va xarakat sodir bo'ladigan fazo qisimlarini ajratamiz.Masalan,berilgan rasmda xarakat AV qisimda yoki S qisimda o'ngdan sodir bo'ladi.

Potentsial va to'la energiyalar teng bo'ladigan nuqtalar xarakat chegaralarini aniqlaydi, bu nuqtalarning o'zi esa to'xtash nuqtalaridir.Bu nuqtalarda tezlik no'lga teng bo'ladi.Agarda xarakat qismi ikki tomondan chegaralangan bo'lsa bunday xarakatga finitiv xarakat deyiladi.Aksincha faqat bir tomondan chegaralangan bo'lsa bunday xarakatga infinitiv xarakat deyiladi.

Bir o'lchovli finitiv xarakatga tebranma xarakat misol bo'la oladi. Zarracha ikkita chegara oralig'ida tebranma xarakat qiladi.Tebranish davri quyidagicha topilishi mumkin:

$$T(E) = \sqrt{2m}\int_{x_1(E)}^{X_2(E)} \frac{dx}{\sqrt{E - U(x)}} \qquad (4)$$

Bu erda integral chegaralari tengladaning echimlaridir.Bu formula davrni zarracha to'la energiyasiga bog'liq ravishda aniqlaydi.

Nazorat topshiriqlari:

1.Bir o'lchovli xarakat deb qanday xarakatga aytiladi?

2.Bir o'lchovli xarakat uchun Lagranj tenglamasini yozing.

3.Finitiv xarakat qanday xarakat?

4.Yassi matematik mayatnik tebranish davrining ampletudaga bog'liqligini toping.

5.M massali jismning potentsial energiyasi berilgan bo'lsa uning tebranish davrini toping.

2-asosiy savol:Potentsial energiyani tebranish davri orqali aniqlash.

2-asosiy savolning maqsadi:

Bir o'lchovli xarakatni o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1.Xarakat tenglamalarini integrallay oladi.

2.Berilgan masalani xarakat integrali orqali echa oladi.

3.Potentsial energiyani koordinata va aksincha koordinatani energiya funktsiyasi sifatida aniqlay oladi.

2-asosiy savolning bayoni:

Xarakat o'rganilayotgan chog'da potentsial energiyani noma'lum, tebranish davrini esa to'la energiya funktsiyasi sifatida qarab chiqaylik.Faraz qilaylik qaralayotgan fazo qismida potentsial energiya bitta minimumga ega bo'lsin (1-rasm)

Qulaylik uchun koordinata boshini minimum potentsialga joylashtirimiz va bu minimumni no'l deb xisoblaymiz.(4) integralni koordinatani potentsial energiya funktsiyasi sifatida o'zgartiramiz.Potentsial energiyaning bitta qiymatiga ikkita koordinata mos keladi.U xolda qaralayotgan integralda quyidagi almashtirishlarni amalga oshirsak

$$dx = \frac{dx}{du} du$$

integral ikkita integralning yig'indisidan iborat bo'ladi.Potentsial energiya o'zgarishi bo'ycha integrallash chegaralari nol va to'la energiya xisoblanadi va biz quyidagi integralni olamiz:

$$T(E)=\sqrt{2m}\int_0^E \frac{dx_2(u)}{du}\cdot\frac{du}{\sqrt{E-U}}+\sqrt{2m}\int_e^0 \frac{dx_1(U)}{dU}\cdot\frac{du}{\sqrt{E-U}}=\sqrt{2m}\int_0^E \left[\frac{dx_2}{dU}-\frac{dx_1}{dU}\right]\frac{dU}{\sqrt{E-U}} \quad (5)$$

Ikkala tomonni xam $\sqrt{\ell-E}$ ga bo'lib to'la integral bo'yicha no'ldan ℓ gacha E bo'yicha integrallashni amalga oshiramiz:

$$\int_0^\ell \frac{T(E)dE}{\sqrt{\ell-E}}=\sqrt{2m}\int_0^\ell\int_0^E \left[\frac{dx_2(U)}{du}-\frac{dx_1(U)}{du}\right]\frac{dUdE}{\sqrt{(d-E)(E-U)}}$$

yoki integrallash tartibini almashtirsak quyidagi ifodani olamiz:

$$\int_0^\ell \frac{T(E)dE}{\sqrt{\ell-E}}=\sqrt{2m}\int_0^\ell \left[\frac{dx_2(U)}{dU}-\frac{dx_1(U)}{dU}\right]dU\int_U^\ell \frac{dE}{\sqrt{(\ell-E)(E-U)}}$$

To'la energiya o'zgarishi bo'yicha integrall sodda integral xisoblanadi va u π ga teng bo'ladi.shundan so'ng,potentsial energiya bo'yicha integgrallash osongina amalga oshiriladi.

$$\int_0^\ell \frac{T(E)dE}{\sqrt{\ell-E}}=\pi\sqrt{2m}\left[x_2(\ell)-x_1(\ell)\right]$$

ℓ ga potentsial energiya bilan almashtirsak oxirgi ifoda kuyidagi ko'rinishga keladi:

$$X_2(U)-x_1(U)=\frac{1}{\pi\sqrt{2m}}\int_0^U \frac{T(E)dE}{\sqrt{U-E}} \quad (6)$$

Shunday qilib,to'la energiya davr funktsiyasi bo'lgan xolda, davr $T(E)$ $X_2(U)-X_1(U)$ farqni aniqlaydi. $X_2(U)$ va $X_1(U)$ funktsiyaning o'zlari aniqlangan xolda qoladi.Echimning qo'p qiymatliligi yo'qoladi,agarda $U=U(X)$ bog'lanish ordinata o'qiga nisbatan simmetrik bo'lsa,ya'ni

$$X_2(U)=-X_1(U)=X(U)$$

Bu xolda (6) ifoda bir qiymatli funktsiyaga aylanadi.

$$X(U)=\frac{1}{29i\sqrt{2m}}\int_0^U \frac{T(E)dE}{\sqrt{U-E}}$$

Nazorat topshiriqlari.

1.Tebranish davrini ta'riflang.
2.Potentsial energiyani tebranish davri orqali ifodalang.
3.Qachon potentsial energiyaning bitta qiymatiga koordinataning ikkita qiymati mos keladi.
4.To'la energiya qanday aniqlanadi.

3-asosiy savol:Keltirilgan massa.

3-asosiy savolning maqsadi:
Ikki jism xarakatini o'rganish .

Identiv o’quv maqsadlari:

1.Ikkita jismdan iborat sistema uchun Lagranj funktsiyasini yoza oladi.
2.Keltirilgan massani tushuna oladi.
3.Moddiy nuqta xarakatida tashqi maydonning ro’lini tushunadi.

3-asosiy savolning bayoni:

Xarakat tenglamasining umumiy xolda echilishi ikki o’zaro ta’sirlanuvchi jismlar xarakatini o’rganish imkonini beradi.O’zaro ta’sirlanuvchi ikkita jismning potentsial energiyasi faqangina ular orasidagi masofaga,ya’ni ular radius vektori farqiga bog’liq bo’ladi.
Shu sababli bunday sistemaning Lagranj funktsiyasi o’uyidagi qo’rinishga ega bo’ladi:

$$L = \frac{m_1 r_1^2}{2} + \frac{m_2 r_2^2}{2} - U\left(\left[\overrightarrow{r_1 - r_2}\right]\right) \qquad (7)$$

Xar ikkala nuqtaning o’zaro masofasi

$$\vec{r} = \overrightarrow{r_1} - \vec{r_2} \qquad (8)$$

ga teng bo’lsa,koordinata boshini inertsiya markaziga joylashtirimiz, bu esa quyidagini beradi:

$$m_1 \vec{r_1} + m_2 \vec{r_2} = 0 \qquad (9)$$

Oxirgi ikki ifodadan quyidagini olamiz:

$$r_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} r \quad ; \quad r_2 = -\frac{m_1}{m_1 + m_2} r \qquad (10)$$

olingan ifodani(7) ga qo’ysak, Lagranj funktsiyasi quyidagi qo’rinishga ega bo’ladi:

$$L = \frac{m r^2}{2} - U(r) \qquad (11)$$

bu erda

$$m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \qquad (12)$$

keltirilgan massa.(11)ifoda bitta zarracha uchun Lagranj funktsiyasiga mos keladi.shunday qilib ikki jism masalasiga keltirish mumkin.

Nazorat topshiriqlari.

1.Ikki jism uchun Lagranj funktsiyasini yozing.
2.Ikki jismning o’zaro radiusi qanday aniqlanadi.
3.Keltirilgan massa nima?
4.Keltirilgan massadan foydalanib ikki jism uchun Lagranj tenglamasini yozing.

Mavzuni o’zlashtirish uchun mustaqil ish topshiriqlari:
1.Bir o’lchovli xarakat.

(1)	39-42 betlar
(2)	44-48 betlar

2.Potentsial energiyani tebranish davri orqali aniqlash.
(1)	42-44 betlar
(2)	49-55 betlar

3.Keltirilgan massa.
(1)	44-46 betlar
(2)	58-62 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1.L.D.Landau, E.M.Lifshits, Mexanika.M.Nauka.1988 g.
2.M.Yaxyoyoev, K. Mo'minov.Nazariy mexanika. T.o'qituvchi. 1990 y
3.Olxovskiy I.I. Kurs teoricheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

6-mavzu. Markaziy maydondagi xarakat. Kepler masalasi.

Asosiy savollar:

1.Markaziy maydondagi xarakat.Sistema momentining saqlanishi.
2.Kepler masalasi.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Tashqi maydon	Markaziy maydon	Markazga intilma energiya
Traektoriya	Inertsiya mamenti	Bir o'lchovli xarakat
Moment	Monoton funktsiya	Elektrostatik maydon
Lagranj funktsiyasi	Ekstsentrisitet	Berk traektoriya
Sektor	Sektor yuzasi	Qutub koordinatasi
Sektorial tezlik	Oshkoramas bog'liqliklik	Oshkora bog'liqlik
Burilish nuqtasi	Radius vektor	Giperbola
Tsiklik funktsiya	Parametr	«Effektiv massa»
Parabola	Ellips	

1-asosiy savol:Markaziy maydondagi xarakat

1-asosiy savolning maqsadi:
Markaziy maydondagi xarakat bilan tanishish.

Identiv o'quv maqsadlari:
1.Markaziy maydonni biladi.
2.Markaziy maydon uchun energiya va kuch ifodalarini yoza oladi.
3.Keplerning ikkinchi qonunini tushunadi.

4.Xarakat tenglamasini echa oladi.

1-asosiy savolning bayoni:

Tashqi maydondagi xarakatda uning potentsial energiyasi biror xarakat o’rganilayotgan nuqtaga nisbatan r masofagagina bog’liq bo’ladi.Bunday maydonga potentsial maydon deyiladi.Bu maydonga jismga ta’sir qiluvchi kuch:

$$\vec{F} = -\frac{\partial U(r)}{\partial r} = -\frac{dU}{dr}\cdot\frac{\vec{r}}{r} \qquad (1)$$

absolyut qiymati xam faqatgina masofaga bog’liq bo’lib, xar bir nuqtaga o’tkazilgan radius vektor bo’ylab yo’nalgan bo’ladi.

Markaziy maydondagi xarakatda maydon markaziga nisbatan sistema mamenti saqlanadi.Bitta zarracha uchun mament

$$\vec{M} = \left[\vec{r}\,\vec{p}\right] \qquad (2)$$

$\vec{M}$ va $\vec{r}$ vektorlar o’zaro perpendikilyar bo’lganligi sababli, M vektorning doimiy radius vektorning unga perpendikulyar yo’nalishda va tekislikda qolishiga sabab bo’ladi.Demak,markaziy maydonda zarrachaning xarakat traektoriyasi bitta tekislikda sodir bo’ladi.

Qutb koordinatalarini kiritsak,Lagranj funktsiyasi

$$L = \frac{m}{2}(r^2 + r^2\varphi^2) - U(r) \qquad (3)$$

Bu funktsiya oshkora φ ni qabul qilmaydi.Ma’lumki,bunday funktsiyaga tsiklik funktsiyalar deylar edi.Lagranj teoremasidan bunday koordinatalar uchun

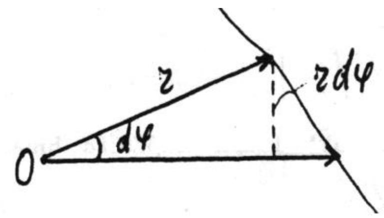
$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \qquad (4)$$

ya’ni mos umumlashgan impuls $P_i = \frac{\partial L}{\partial q_i}$ xarakat integrali xisoblanadi.

Bizning xolda umumlashgan impuls $P_\gamma = mr^2\varphi$ yoki $M_2 = M$ bo’yicha moment bilan ustmag’ust tushadi.Biz yana impulsning saqlanish qonuniga qaytamiz:

$$M = mr^2\varphi = const \qquad (5)$$

bitta zarrachaning markaziy maydondagi xarakati uchun bu qonun sodda geometrik talqinga ega.



$\frac{1}{2}r\cdot rd\varphi$ ifoda ikkita yaqin radius vektor va traektoriya yoyi orasidagi sektor yuzasidir.Uni df deb belgilasak, zarrachaning mamentini qo’yidagicha yozamiz.

$M = 2mf$

Bu erda f -sektorial tezlikdir.Bu mamentning doimiyligidan sektorial tezlikning doimiyligi kelib chiqadi.r – xarakatni xarakterlovchi radius vektor teng vaqtlar ichida teng yuzalarni chizadi.Bu Keplerning ikkinchi qonunidir.Energiya va impuls mamentining saqlanish qonunidan foydalanib,zarrachaning markaziy maydondagi xarakatini to'la o'rganish mumkin.

φ kattalikni M orqali ifodalasak, energiya uchun quyidagani olamiz.

$$E = \frac{m}{2}(r^2 + r^1\varphi^2) + U(r) = \frac{mr^2}{2} + \frac{M^2}{2mr^2} + U(r) \qquad (6)$$

bu erdan

$$r = \frac{dr}{dt} = \sqrt{\frac{2}{m}[E - U(r)] - \frac{M^2}{m^2 r^2}} \qquad (7)$$

o'zgaruvchilarni ajratib integrallasak,

$$t = \int \frac{dr}{\sqrt{\frac{2}{m}[E - U(r)] - \frac{M^2}{m^2 r^2} + const}} \qquad (8)$$

Olingan ifodadan fydalanib burchak o'zgarishini aniqlashimiz mumkin.

$$\varphi = \int \frac{\frac{M}{r^2} dr}{\sqrt{2m}[E - U(r)] - \frac{M}{r^2}} + const \qquad (9)$$

(8)(9) formulalar ko'yilgan masalaning echimidir.

(6) formula shuni kursatadiki, xarakatning radial kismini biror

$$U_{эфф} = U(r) + M^2 / 2mr^2 \qquad (10)$$

effektiv potentsial energiyaga ega bo'lgan bir o'lchovli xarakat sifatida karash mumkin ekan. $M^2 / 2mr^2$ kattalikka markazdan kochma energiya deb ataladi.

$$U(r) + M_2 / 2mr^2 = E \qquad (11)$$

munosabat bajariladigan r ning kiymatlari markazga nisbatan xarakat chegaralarini xarakterlaydi.

Nazorat tposhiriklari.

1. Markaziy maydon deb kanday maydonga aytiladi.
2. Markaziy maydon uchun potentsial energiya ifodasini ezing.
3. Markaziy maydonda xarakat kiluvchi zarrachaga ta'sir kiluvchi kuch ifodasini yozing.

A. $F = ma$ B. $F = -\frac{\partial u}{\partial r}$ S) $F = mg$

D. $F = mV$ E. $F = mgh$

Keplerning ikkinchi qonunini tushuntiring.

2-asosiy savol: Kepler masalasi.

2-asosiy savolning maqsadi:

Kepler masalasini qo'yilishi va echish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Kepler masalasini biladi.

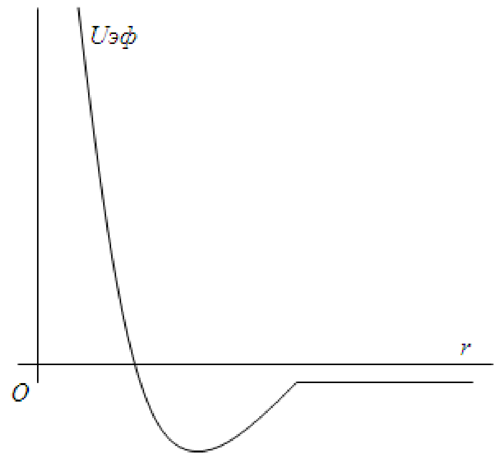
2. Finitiv va infinitiv xarakatni tushunadi.
3. Xarakat traektoriyalarini keltirib chiqara oladi.
2-asosiy savolning baeni:
Eng muxim markaziy maydondagi xol bu maydonning potentsial energiyasi masofaga teskari proportsional bo’lgan va mos ravishda kuch masofaga teskari proportsional bo’lgan xoldir. Bunga Nyutonning tortishish maydoni va Kulonning elektrostatik maydonlari kiradi. Dastlab tortishish maydonida karab chiqamiz. Bunda

$$U = -\frac{\ell}{r} \qquad (12)$$

ℓ koeffitsient doimiy musbat koeffitsientdir.Effektiv potentsial energiya

$$U_{эфф} = -\frac{\ell}{r} + \frac{M^2}{2mr^2} \qquad (13)$$

bo’lib quyidagi rasmda keltirilgan.
bulib, kuyidagi rasmda keltirilgan.



$r \to O$ bu funktsiya cheksizlikka intiladi, $r \to \infty$ da esa potentsial energiya manfiy tomondan no’lga intiladi. $r = M^2 / \ell m$ da potentsial energiya minimumga intiladi.

$$(U_{эфф})_{\min} = -\ell^2 m / 2M^2$$

(14)
$E \succ O$ da xarakat infinitiv,
$E \prec O$ da xarakat finitiv
traektoriya shakli

$$\varphi = \int \frac{\frac{M}{r^2} dr}{\sqrt{2m[E - U(r)] - \frac{M^2}{r^2}}} + const \qquad (15)$$

tenglama orkali keltirib chikariladi. Buning uchun unga $U = -\ell / r$ kuyiladi va integrallanadi:

$$\varphi = \arccos \frac{\frac{M}{r} - \frac{m\ell}{M}}{\sqrt{2mE + m^2\ell^2 / M^2}} + const$$

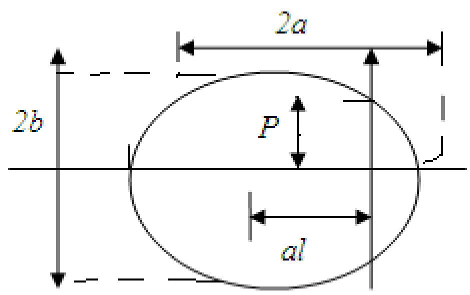
Burchakni φ boshlang'ich qiymatini olsak, va $P = \dfrac{M^2}{m\ell}$

$\ell = \sqrt{1 + \dfrac{2EM^2}{m\ell^2}}$ belgilarni kiritsak, traektoriya uchun kuyidagi formulani olamiz

$$P / r = 1 + e\cos\varphi \qquad (16)$$

bu kanonik kesim tenglamasi bo'lib, fokusni koordinata boshida , R va ℓ lar mos ravishda parametr va ekstsentrik sitetalaridir.

$E \prec O$ da $\ell \prec 1$ ya'ni orbita ellipsdir.Mos ravishda xarakat finitiv xarakatdir.



Analitik geometriyadan

$$a = \frac{P}{1-\ell^2} = \frac{\ell}{2|E|} \qquad b = \frac{P}{\sqrt{1-e^2}} = \frac{M}{\sqrt{2m|E|}}$$

(17)

$\ell = O$ bulganda eng kichik energiya moc keladi. Shuni ta'kidlash kerakki, maydon markazigacha bulgan eng katta va eng kichik masofa

$$r_{\min} = \frac{P}{1+\ell} = a(1-\ell) \;; \qquad r_{\max} = \frac{P}{1-\ell} = a(1+l) \qquad (18)$$

bu kattaliklarni $U_{эфф}(r) = E$ tenglama echimlari sifatida xam olishimiz mumkin.Xarakat davri T ni momentning saklanish qonuni yordamida yuzalar integrali kurinishida aniklash kulaydir.Bu tenglikni 0 dan T gacha vakt buyicha integrallasak

$$2mf = TM$$

(19)

ni olamiz. Bu erda f -orbita yuzasi,elips uchun $f = \pi ab$ va katta xamda kichik yarim o'qlar ifodasidan

$$T = 2\pi a^{3/2}\sqrt{m/\ell} = \pi\ell\sqrt{m/2E^{\,2}}$$

(20)

bundan Keplerning 3-konuni kelib chikadi.Davrlar kvadratining nisbati mos chizikli o'lchamlar kublarining nisbati kabidir. $E \geq$ da karasak xarakat infinitiv $E \succ O$ da $\ell \succ 1$ bulsa, xarakat traektoriyasi giperbola buladi.

Nazorat topshiriklari.

1. Kepler masalasini bayon qiling.
2. Potentsial energiya ifodasini ko'rsating.

A. $E = m\upsilon^2/2$ B. $U = \dfrac{\ell}{r}$ S. $U = -\dfrac{\ell}{r}$

D. $U = mgh$ E. $U = kT$

Kategoriya.

4. Qaysi holda xarakat finitiv va kaysi xolda infinitiv bo'ladi.
5. Keplerning uchinchi konunini tushuntiring.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustakil ish topshiriqlari:

1. Markaziy maydondagi xarakat.

(1) 51-57 betlar
(2) 76-82 betlar

2. Kepler masalasi.

(1) 45-48 betlar
(2) 79-82 betlar

Mavzuga oid adabietlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 2005g.
2. M. Yaxyoev, K. Mo'minov. Nazariy mexanika. T. o'qituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. Nauka. 1970g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

7-mavzu. Zarrachalarning to'qnashishi. Zarrachaning parchalanishi. Elastik to'qnashish. Zarrachalarning sochilishi. Rezerford formulasi.

Asosiy savollar:

1. Zarrachaning «o'z-o'zidan» parchalanishi.
2. Zarrachalarning elastik to'qnashishi.
3. Zarrachalarning sochilishi. Rezerford formulasi.

Mavzuga oid tayanch suz va iboralar:

Tarkibiy kismlar ichki energiya energiyaningsaklanish konuni
Keltirilgan massa L-sistema impulsning saklanish konuni
Ts-sistema Kulon maydoni zaryadlangan zarrachalar
Kichik burchaklar to'qnashish effektiv sochilish
Birlik vektor nishon masofasi kesimi

1-asosiy savol: Zarrachalarning to'qnashishi. Zarrachalarning parchalanishi.

1-asosiy savolning maqsadi:

To'qnashish xodisalari bilan tanishtirish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. O'z-o'zidan Zarrachalarning parchalanishini biladi.
2. Energiya va impulsning saqlanish konunini qo'llay oladi.
3. Ishlatiladigan sanok sistemalarini ajrata oladi.

1-asosiy savolning baeni:

Energiya va impulsning saqlanish qonunlari sistemada sodir bo'layotgan mexanik jarayonlar to'g'risida axborot beradi, Bu xolda mexanik xususiyatlar o'zaro ta'sirlashaetgan zarralarning ta'sir xususiyatlariga bog'dik bo'ladi.
O'z-o'zidan parchalanishni qarab chiqaylik. Bu xolda zarracha ikkita parchalangandan so'ng mustaqil xarakatlanuvchi qismlarga bo'linadi.
Bu jarayonni parchalangunga qadar zarracha tinch xolatda turadigan sistemada karab chikaylik.Bu xolda impulsning saqlanish qonuniga ko'ra parchalangandan so'ng zarrachalarning yig'indi impulslari no'lga teng bo'ladi va ular qarama-qarshi yo'nalishda xarakat qiladilar.Energiyaning saqlanish qonuniyatiga ko'ra

$$E_u = E_{1U} + \frac{P_0^2}{2m_1} + E_{2U} + \frac{P_0^2}{2m_2}$$

(1)

m_1 va m_2 lar zarrachalarning massalari. E_{1u} va E_{2U} lar ularning ichki energiyasi, E $_i$ parchalanishdan oldingi ichki energiya

Parchalanishi energiyasi

$$\varepsilon = E_u - E_{|u} - E_{ııu}$$ (

2)

Parchalanish sodir bo'lishi uchun bu farq energiya musbat bo'lishi kerak.U xolda

$$\varepsilon = \frac{P_0^2}{2}\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right) = \frac{P_0^2}{2m_2} \qquad (3)$$

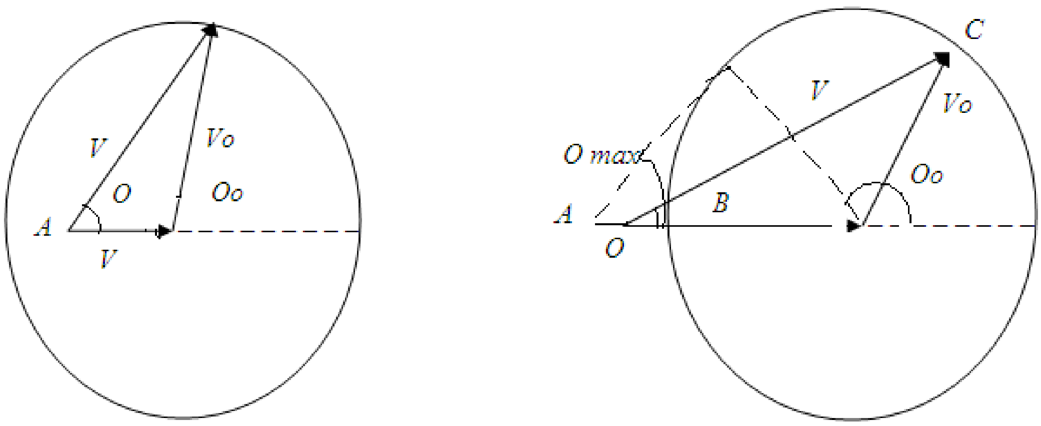
Zarrachalarningtezliklari $V_{10} = P_{0/m1}$ va $V_{20} = P_{0/m_2}$

Zarracha parchalanishigacha V tezlik bilan xarakatlanayotgan sanok sistemasini qarab chikamiz. Ko'pchilik xollarda bu sanok sistemasini laboratoriya sanok sistemasi deyiladi (yoki L - sistema), aksincha zarrachaning to'la impulsi no'lga teng bo'ladigan inertsiya markazi sistemasi (ya'ni Ts - sistema). L va Ts sistemalarda tezliklari V va V_0 tezlikka ega bo'lgan parchalanuvchi zarrachani qarab chikaylik

$V = V + V_0$ yoki $V_0 = V - V$ ekanligidan.

$$V^2 + V^2 - 2VV\cos\Theta = V_0^2 \qquad (4)$$

Bu erda Θ - zarrachaning V tezlik yo'nalishiga nisbatan uchib chiqish burchagi. Bu tenglama orqali L sistemada zarracha tezlikning yo'nalishiga bog'liqligi aniqlanadi.



Birinchi xolda zarracha ixtieriy Θ ,Ikkinchi xolda zarracha faqat Θ burchak ostida uchib chikishi oldinga qarab chiqadi. Bu xolda Θ mumkin. Θ dan oshmaydi.

$\sin\Theta_{\max} = V_0 / V$

Uchib chikish burchaklari Θ va O_0 L-va Ts- sistemalarad mos ravishda kuyidagicha boglangan

$$tg\Theta = \frac{V_o \sin\Theta_0}{V_0 \cos\Theta_0 + V} \qquad (5)$$

tenglamani $\cos\Theta_0$ ga nisbatan echsak quyidagi echimni olamiz

$$\cos\Theta_0 = -\frac{V}{V_0}\sin^2\Theta \pm \cos\Theta\sqrt{1 - \frac{V^2}{V^2}\sin^2\Theta} \qquad (6)$$

$V_0 \succ V$ da Θ va Θ_0 lar orasidagi bog'lanish bir kiymatlidir. Aksincha $V_0 \prec V$ bo'lsa bog'lanish kiymatli bo'lomaydi, ya'ni xar bir Θ ning kiymatiga ikkita Θ_o qiymat mos keladi.

Ko'p xollarda bitta emas, bir qancha to'qnashishlar bilan ish ko'riladi va shu tufayli parchalanuvchi zarrachalarning energiya va impuls buyicha taksimoti karab chikilishiga to'g'ri keladi. Bu xolda birlamchi zarrachalar fazoda tartibsiz yo'nalgan deb kqraladi.

Ts- sistemalarda barcha parchalanuvchi zarrachalar bir xil energiyaga ega, ularning uchib chiqish yo'nalishi bo'yicha taqsimoti izotropdir. Taksimotning izotropligi birlamchi zarrachalarning tartibsiz yo'nalishi bilan bog'liqdir.Bu degan so'z, $d\mathrm{O}_0$ fazoviy burchakda uchib chikayotgan zarrachalarning qismi bu fazoviy burchak elementiga proportsional $dO_0 / 4\pi$ Θ_o buyicha taksimot $dO_0 = 2\pi\sin\Theta_0 d\Theta_0$

ya'ni $\frac{1}{2}\sin\Theta_0 d\Theta_0$ ga teng.

L- sistemadagi taksimot esa bu ifodani mos almashtirishdan kelib chikadi.

Masalan, L- sistemadagi kinetik energiya bo'yicha taqsimotni aniqlaylik. Buning uchun tezlik $V = V_0 + V$ ning kvadratini kiritamiz

$$V^2 = V_0^2 + 2V_0 V\cos\Theta_0$$

Bu erdan

$$d\cos\Theta_0 = d(V^2)/2V_0V \qquad (7)$$

$T=\frac{1}{2}mV^2$ energiya ifodasini kiritsak va Θ_o fazoviy burchak buyicha taqsimotni ko'yib chiksak, izlayotgan taksimotni olamiz.

$dT/2mV_0V$

Kinetik energiya biror $T_{\min} = \frac{m}{2}(V_0 - V)^2$ kichik qiymatdan $T_{\max} = \frac{m}{2}(V_0 + \nu)^2$ qiymatgacha o'zgaradi.

Bu intervalda zarrachalar taqsimoti bir jinslidir.Zarrachalarning ikkidan ortik qismlariga ajralishida energiya va impulsning saqlanish qonuni tezliklarining va yo'nalishlarining erkin qiymatlarini olishiga imkon beradi.Xususiy xolda parchalanish zarrachasi aniq energiya qiymatiga ega emas.Lekin xar bir zarracha o'zi bilan olib ketadigan kinetik energiyaning yuqori chegarasi mavjud bo'lib, bu chegarani aniqlash uchun uning ichki energiyasini E_U^1 deb belgilaymiz, u xolda m_1 massali zarrachaning kinetik energiyasi

$$T_{10} = \frac{P_0^2}{2m_1} = \frac{M - m_1}{M}(E_U - E_{1U} - E_U^1) \qquad (8)$$

M- dastlabki zarracha massasi $E_U{}^1\min$ bo'lsa, kinetik energiya eng katta qiymatga erishadi.Buning uchun barcha zarrachalar (m_1 zarrachalardan tashkari) bir xil tezlikda xarakatlanishi kerak. Bu xolda

$$(T_{10})_{\max} = \frac{M - m_1}{M}\cdot\varepsilon \qquad (9)$$

2-asosiy savol: Zarrachalarning elastik to'qnashishi.

2-asosiy savolning maqsadi:

Zarrachalarning elastik to'qnashishi bilan tanishtirish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Elastik va noelastik to'qnashishlarni ajrata oladi.
2. Elastik to'qnashish xol uchun energiya va impulsning saqlanish qonunini qo'llay oladi.
3. To'qnashgandan keyingi energiya va energiya o'zgarishlarini topa oladi.

2-asosiy savolning bayoni:

L-sistemaga kaytish uchun bu ifodaga inertsiya markazi tezlikni ko'shish kerak.Bu xolda to'qnashishdan so'ng L sistemadagi tezliklar kuyidagicha buladi.

$$V_1^1 = \frac{m_2}{m_1+m_2}Vn_0 + \frac{m_1V_1 + m_2V_2}{m_1+m_2}$$

$$V_2^1 = -\frac{m_1}{m_1+m_2}Vn_0 + \frac{m_1V_1 + m_2V_2}{m_1+m_2} \qquad (10)$$

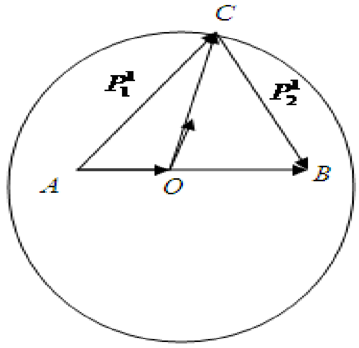
bu erda $V_{10}^1 = \frac{m_2}{m_1+m_2}Vn_0$ va $V_{20}^1 = -\frac{m_1}{m_1+m_2}Vn_0$ edi.

Olingan natijalarni geometrik talqin qilish mumkin.Buning uchun tezliklardan impulslarga o'tamiz.Buning uchun tezlik ifodasini mos ravishda m_1 va m_2 larga ko'paytiramiz va quyidagilarni olamiz:

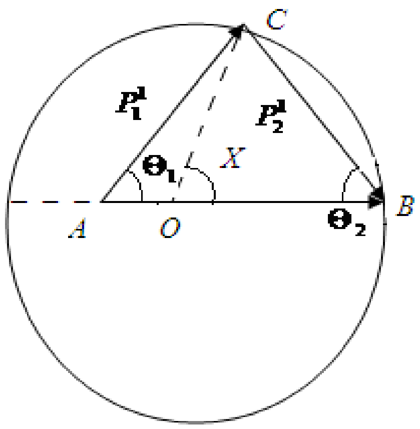
$$P_1^1 = mVn_0 + \frac{m_1}{m_1 + m_2}(P_1 + P_2)$$

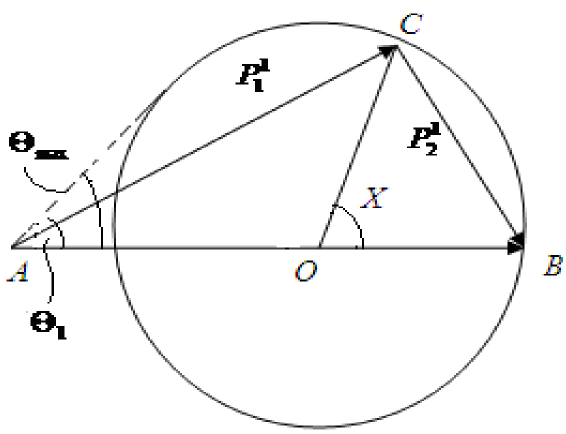
$$P_2^1 = -mVn_0 + \frac{m_2}{m_1 + m_2}(P_1 + P_2) \qquad \textbf{(11)}$$

Bu erda $m = m_1 m_2 /(m_1 + m_2)$ keltirilgan massa



p_1^1 va p_2^1 qiymatlar berilgan bo'lsa, aylana radiusi va A xamda V nuqtalarning vaziyati o'zgarmasdir, S nuqtaning vaziyati ixtiyoriy nuqtada bo'lishi mumkin. Zarrachalardan bittasi (masalan m_2) to'qnashishishdan oldin tinch turgan bo'lsin. U xolda $OB = \frac{m_2}{m_1 + m_2} P_1$ uzunlik (impuls) radius bilan ustma-ust tushadi va V nuqta aylana ichida yotadi. AV esa birinchi zarrachaning to'qnashmasdan oldingi P_1 impulsi bilan ustma-ust tushadi. Bu xolda A nuqta aylana ichida $(m_1 < m_2)$ yoki tashqarisida $(m_1 > m_2)$ yotishi mumkin.





Θ_1 va Θ_2 burchaklar to'qnashgandan keyingi zarrachalarning dastlabki ta'sir yo'nalishidan og'ish burchaklari. X -markaziy burchak birinchi zarrachaning inertsiya markazi sistemasida burilish burchagi,Rasmdan kurinib turibdiki Θ_1 , va Θ_2 burchaklar X burchak orqali aniqlanishi

MUMKIN.

$$V_1^1 = \frac{\sqrt{m_1 + m_2^2 + 2m_1 m_2 \cos x}}{m_1 + m_2} V, \qquad V_2^1 = \frac{2m_1 V}{m_1 + m_2} \sin\frac{x}{2}$$

(12)

Xuddi shu X burchak bo'yicha sochilgan zarrachalarning tezliklarini aniqlovchi formulalarni yozamiz:

$$tg\Theta_1 = \frac{m_2 \sin\chi}{m_1 + m_2 \cos\chi} \qquad \Theta_2 = \frac{\pi - \chi}{2}$$

(13)

$\Theta_1 + \Theta_2$ zarrachaning to'qnashishdan keyingi uchish

$m_1 - m_2$ da $\Theta_1 + \Theta_2 > \frac{\pi}{2}$ va $m_1 > m_2$ da $\Theta_1 + \Theta_2 < \frac{\pi}{2}$

Ikkala zarrachalarning to'qnashishidan so'ng bir to'g'ri chiziq bo'yicha xarakatlanish sharti $\chi = \pi$, ya'ni S nuqta A nuqtadan chapda joylashadi.

Bu xolda to'qnashishdan keyingi tezliklar

$$v_1^1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} V, \qquad V_2^1 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} V \qquad (14)$$

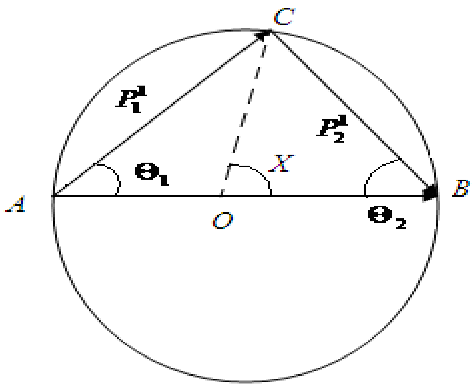
Dastlab tinch xolatda bo'lgan zarrachalarning to'qnashishidan keyingi kinetik energiyasi

$$E^1_{2\max} = \frac{m_2 V_2^{1^2} \max}{2} = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} E_1$$

(15)

Bu erda $E_1 = m_1 V_1^2 / 2$ dastlabki xarakatlanuvchi zarracha energiyasi, $m_1 < m_2$ da birinchi zarrachaning tezligi ixtiyoriy yo'nalishda bo'lishi mumkin.

$m_1 > m_2$ uchib kelayotgan zarrachaning og'ishi biror maksimum qiymatdan oshmaydi.



$$Sin\Theta_{1\max} = \frac{m_2}{m_1}$$

Massalar bir xil bulsa masala osonlashadi

Bu xolda

$$\Theta_1 = \frac{X}{2}; \qquad \Theta_2 = \frac{\pi - \chi}{2}$$

$$V_1^1 = V\cos\frac{x}{2}; \qquad V_2^1 = V_1\sin\frac{x}{2} \tag{16}$$

Bu xolda to'qnashishdan so'ng zarrachalar to'g'ri burchak ostida xarakat qiladi.

Nazorat topshiriklari.

1. Elastik to'qnashishni tushuntiring.
2. Noelastik to'qnashishni tushuntiring.
3. Ikkita zarrachaning to'qnashgandan keyingi tezliklarini topish formulasini yozing

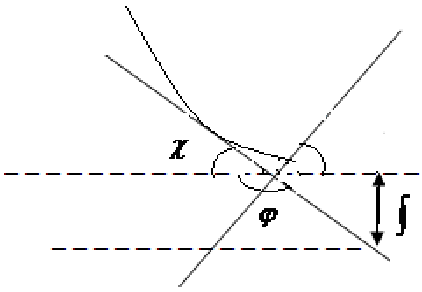
.

3- Zarrachalarning sochilishi. Rezerford formulasi.

Oldingi mavzuda aytib o'tilganidek, ikki jism to'qnashishining to'la natijalarini aniqlash uchun xarakat tenglamasini aniq quyilgan ta'sir qonunlari yordamida aniqlash mumkin.

Umumiy qoidaga ko'ra zarrachaning kuch maydonidagi og'ishiga ekvivalent masalani qarab chikamiz.

Zarrachaning xarakat traektoriyasi maydon markazidan o'tkazilgan chiziqqa nisbatan simmetrikdir.



Ikkala asimptota bir xil burchak ostida kesishadi. Agarda bu burchaklarni φ_0 deb belgilasak, u xolda χ zarrachaning og'ishi (markazga nisbatan) rasmda kuyidagicha topiladi.

$$\chi = |\pi - 2\varphi_0| \tag{17}$$

φ_0 burchak esa, quyidagi integraldan aniqlanadi:

$$\varphi_0 = \int_{r_{\min}}^{\infty} \frac{\frac{M}{r^2}dr}{\sqrt{2m[E-U(r)] - \frac{M^2}{r^2}}} \tag{18}$$

$r_{\min}$ radikal belgisi ostidagi tenglamaning echimidir. Infinitiv xarakatda E va M doimiylar o'rniga zarrachaning tezligi $V\infty$ va nishon masofasi ρ kiritiladi. Energiya va moment bu kattaliklar orqali qo'iydagicha topiladi.

$$E = \frac{mV_\infty^2}{2}; \qquad M = m\rho v_\infty \tag{19}$$

(18) formula esa quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\varphi_0 = \int_{r_{\min}}^{\infty} \frac{\rho \frac{dr}{r^2}}{\sqrt{i - \frac{\rho^2}{r^2} - \frac{2U}{mV_\infty^2}}}$$

(20)

Fizik masalalarda zarrachaning og'ishi bilan emas, balki biror v_∞ tezlik bilan xarakatlanuvchi dastaning sochilishi bilan ish ko'riladi. Dastadagi turli zarralar turli nishon masofasiga ega va turli χ burchaklarda sochiladi. Agarda χ va $\chi + d\chi$ burchak intervalida vaqt birligi ichida sochilayotgan zarrachalar sonini dN desak, u xolda quyidagi xarakteristikani kiritish mumkin.

$$d\delta = dN / n$$

(21)

Bu erda n - birlik vaqt ichida birlik ko'ndalang kesim yuzasidan o'tayotgan zarrachalar soni.

(21) munosabat yuza birligiga ega va sochilishning effektiv kesimi deb aytiladi. Bu kattalik sochilish jarayonining muxim xarakteristikasi bo'lib, sochuvchi maydonning qurinishiga bog'lik bo'ladi.

Rezerford formulasi.

Olingan formulalarning tatbiki sifatida zaryadlangan zarrachalarning Kulon maydonidagi xarakatini qarash mumkin.

Buning uchun (20) ifodadagi potentsial energiyani $U = \iota / r$ deb belgilab elementar integrallashni amalga oshiramiz.

$$\varphi_0 = \arccos \frac{\iota / mV_\infty^2 \rho}{\sqrt{1 + (\iota / mV_\infty^2 \rho)^2}}$$

Bu erdan $$\rho^2 = \frac{l^2}{m^2 V_\infty^4} tg^2 \varphi_0$$

yoki $\varphi_0 = (\pi - \chi)/2$ deb belgilasak,

$$\rho^2 = \frac{l^2}{m^2 V_\infty^4} ctg^2 \frac{\chi}{2} \qquad (22)$$

Bu ifodani χ buyicha differentsiallab, kuyidagilarni olamiz

$$d\delta = \pi (\frac{l}{mV_\infty^2})^2 \frac{\cos \frac{\chi}{2}}{\sin^3 \frac{\chi}{2}} d\chi$$

(23)

Yoki

$$d\delta = (\frac{l}{2mV_\infty^2})^2 \frac{do}{\sin^4 \frac{\chi}{2}}$$

(24)

olingan formulaga Rezerford formulasi deyiladi.

Nazorat topshirnklari.
1. Nishon masofasi qanday masofa?
2. Effektiv sochilish kesimi nima?
3. Rezerford formulasini yozing.
4. Effektiv sochilish kesimini sochilayotgan zarracha yo'qotgan energiya funktsiyasi sifatida aniqlang.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:
1. Zarrachalarning parchapanishi.
(1) 58-62 betlar
(2) -
(3) 121-124 betlar
***2.* Zarrachalarning elastik to'qnashishi.**
(1) 62-66 betlar
(2) —
(3) 125-128 betlar
3. Zarrachalarning sochilishi. Rezerford formulasi.
(1) 66-76 betlar
(2) —
(3) 130-139 betlar

Mavzuga oid adabietlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. Nauka. 1970g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

Zarralarning o'zaro tasirlashishiga oid misollar:
1-masala
Ikkita absolyut elastik sharlar $(m_1 va m_2)\ v_1 va\ v_2$ boshlang'ich tezliklar bilan kelib to'qnashsa ularning to'qnashgandan so'ngi tezliklari qanday bo'lgan? To'qnashish markaziy: tezliklar ularning markazlarini tutashturuvchi chiziq bo'ylab yo'nalgan.
Yechish: impuls va energiyaning saqlanish qonuniga asosan

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'; \qquad \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2};$$
$$m_1v_1 - m_1v_1' = m_1v_2' - m_2v_2;$$
$$m_1v_1^2 + m_1v_1'^2 = m_2v_2'^2 - m_2v_2^2;$$
$$v_1 + v_1' = v_2' + v_2;$$

$$v_2' = v_1' + v_1 - v_2$$
$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_1' + m_2v_1 - m_2v_2$$
$$(m_1 + m_2)v_1' = (m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2$$
$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

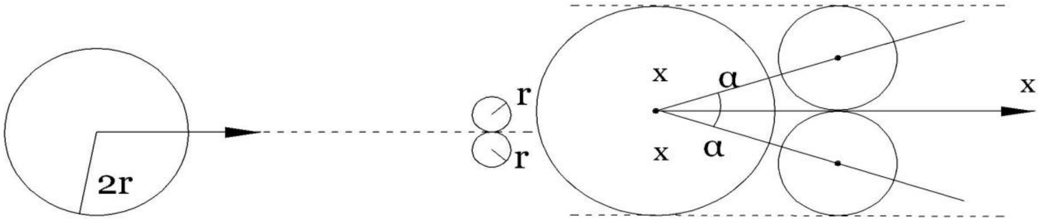
$v_1' = v_2' + v_2 - v_1$
$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_2' + m_1v_2' + m_1v_2 - m_1v_1$
$(m_1 + m_2)v_2' = (m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_1 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$m_1 = m_2$ va $v_2 = 0$ bo'lsa $v_2' = v_1$bo'ladi.

2-masala

Ikkita silliq r radiusli bir xil sharlar bir-biriga tegib joylashgan. 2r radiusli shar v_0 tezlik bilan kelib ularga urilsa kata sharning to'qnashgan so'ngi tezligi qanday bo'ladi?



110-rasm

Urulgandan so'ng kichik sharlarga kichik sharlar markazini katta shar markazini tutashtiruvchi chiziq bo'ylab kuch ta'sir qiladi. Katta shar o'sha yo'nalishda harakatini davom ettiradi. X o'qi bo'ylab impulus saqlanish qonuni yozamiz.

$Mv_0 = Mv + 2mv_1 cos\alpha$ $\qquad \frac{Mv_0^2}{2} = \frac{2mv_1^2}{2} + \frac{Mv^2}{2}$;

Ularni quydagicha yozib olamiz

$M(v_0 - v) = 2mv_1 cos\alpha M(v_0^2 - v^2) = 2mv_1^2$
$M^2(v_0 - v)^2 = 4m^2v_1^2cos^2\alpha$
$M(v_0 - v)(v_0 + v) = 2mv_1^2$ $\qquad Mv_0 - Mv = v_0 2mcos^2\alpha + v2mcos^2\alpha$

$$M\frac{(v_0 - v)}{v_0 + v} = 2mcos^2\alpha \qquad v(M - 2mcos^2\alpha) = v_0(M - 2mcos^2\alpha)$$

$$M = \frac{4}{3}\pi(2r)^3\rho \qquad v = \frac{M - 2mcos^2\alpha}{M + 2mcos^2\alpha}v_0$$

$$m = \frac{4}{3}\pi(2r)^3\rho$$

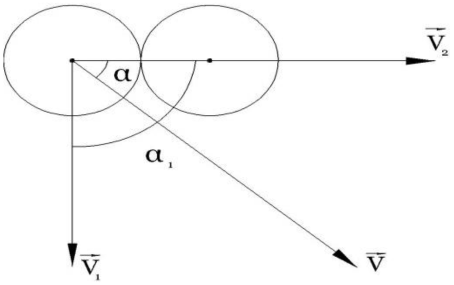
$$\frac{M}{m} = 8 \ M = 8m$$

$$sin\alpha = \frac{r}{3r} = \frac{1}{3}cos^2\alpha = 1 - sin^2\alpha = 1 - \frac{1}{9} = \frac{8}{9}$$

$$v = \frac{8m - 2m\frac{8}{9}}{8m + 2m\frac{8}{9}}v_0 = \frac{8 - 2\frac{8}{9}}{8 + 2\frac{8}{9}}v_0 = \frac{72 - 16}{72 + 16}v_0 = \frac{56}{88}v_0 = \frac{7}{11}v_0$$

3.Biri tinch turi ,ikkinchisi ular urilish paytidagi markazlarini tutashtiruvci chiziqqa nisbatan $\alpha \neq 0$ burchak ostida v tezlik bilan urilsa ,urilgandan so'ng ular bir-biridan qanday burchak ostida sochiladi?

Yechish :



111-rasm

Birinchi ikkinchi tinch sharga urilganda ikkinchi shar ular markazlarini tutashtiruvchi chiziq bo'ylab v_2 tezlik oladi.Birinchi shar esa v_2 bo'yicha yo'nalgan va unga perpendikulyar bo'lgan o'qqa proeksiyalab yozamiz:

$$mvcos\alpha = mv_1cos\alpha_1 + mv_2$$
$$mvsin\alpha = mv_1sin\alpha_1$$
$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2};$$
$$+\begin{cases} v^2cos^2\alpha = v_1^2cos^2\alpha_1 + 2v_1v_2cos\alpha_1 + v_2^2 \\ v^2sin^2\alpha = v_1^2sin^2\alpha_1 \end{cases}$$
$$v^2 = v_1^2 + 2v_1v_2cos\alpha_1 + v_2^2$$
$$v^2 = v_1^2 + v_2^2$$
$$0q2v_1v_2cos\alpha_1 \to cos\alpha_1 = 0 \to \alpha_1 = \frac{\pi}{2}$$

4-masala

Ikkita mutloq elastic sharlar bir biriga qarab uchib kelmoqda .Birinchi shar kinetic energiyasi ikkinchi shar kinetic energiyasidan k^2 marta ortiq $m_1>m_2$ bo'lib,v_2G'v_1 qanday bo'lganda sharlar birinchi sharning urilguncha bo'lgan tezligi yo'nalishida harakat qiladi?

Yechish: $v_2<0$ni hisobga olamiz:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 - 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$
$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_1 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$M_1>m_2$ bo'lgani uchun v_2'>0 bo'ladi.$v_1' > 0$ bo'lishi uchun esa $(m_1 - m_2)v_1 > 2m_2v_2$ bo'lishi yoki $\frac{m_1}{m_2} - 1 > 2\frac{v_1}{v_2}$ bo'lishi kerak. Masala shartiga ko'ra :$\frac{m_1v_1^2}{2} = k^2\frac{m_2v_2^2}{2}$ $yoki$ $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{k}\sqrt{\frac{m_1}{m_2}};$

$\frac{m_1}{m_2} - 1$>$\frac{2}{k}\sqrt{\frac{m_1}{m_2}};$ bundan esa $\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} > \frac{1+\sqrt{k^2+1}}{k}$;bulardan $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1+\sqrt{k^2+1}}{k};$

1 formulalardan $m_1>m_2$ ni hisobga olsak $\frac{v_2}{v_1} > \frac{1}{k}$ $k = \frac{4}{3}$ $uchun$ $\frac{v_2}{v_1} > \frac{3}{2}$

5-masala

Ikki shar to'qnashganda impuls va energiyaning saqlanishi.

Ikkita teleshka bo'lib yoniga purjina yoki rezinka mahkamlangan (elastic to'qnashish bo'lishi uchun).Agar bunda m_1qm_2 bo'lib ,biri tinch turgan bo'lsa to'qnashishdan so'ng ikkinchishi huddi shunday tezlik bilan harakatga kelib birinchi teleshka to'htaydi. To'qnashgandan so'ng ikkalasi birlashib qolsa ham impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Ya'ni

m_1v_0q$(m_1+m_2)\frac{1}{k}v_0$

Energiyaning ham saqlanish qonuni bajarilsa ikki noma'lumli ikkita tenglamalar sistemasidan ikkita noma'lumni toppish mumkin bo'ladi. Masalan

$m_1v=m_1v_1+m_2v_2$va

$\frac{mv^2}{2}=\frac{mv_1^2}{2}+\frac{mv_1^2}{2}$;

Ularni $v=v_1+v_2$ va$v_0^2=v_1^2+v_2^2$ deb yozish ham mumkin .

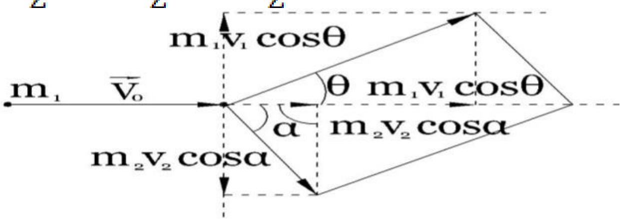
Birinchisini kvadratga ko'tarib ikkinchisiga solishtiramiz

$v_0^2=v_1^2+v_2^2$Q$2v_1v_2$

$v_0^2=v_1^2+v_2^2$bu ikkalasi uyg'un qachon $2v_1v_2=0$ ga .Buning uchun $v_1=0$ yoki $v_2=0$ bo'lishi kerak Masalan birinchi holatda v_1q0 va v_2qv_0

Huddi shu masalani ikkinchi bir holini ko'raylikki bunda to'qnashgandan so'ng har ikkala jism bir hil tezlik bilan harakat qilsin .Endi biz massalari teng bo'lgan sharlarni olamiz .Faqat bunda impulsning saqlanish qonunini ikki bir-biriga tik o'qlarda yozamiz:

$$\begin{cases} mv_0=mv_1cos\theta+mv_2cos\varphi \\ mv_0=mv_1sin\theta-mv_2sin\varphi \\ \frac{mv^2}{2}=\frac{mv_1^2}{2}+\frac{mv_1^2}{2} \end{cases}$$



112-rasm

Bularni m va uchunchisini ½ ga qisqartirib olamiz:

$v_0=v_1cos\theta+v_2cos\varphi\rightarrow$

$v_0=v_1sin\theta-v_2sin\varphi\rightarrow$

$v_0^2=v_1^2+v_2^2$

$v_0^2=v_1^2cos^2\theta+v_2^2cos^2\varphi+2v_1v_2cos\theta cos\varphi$

Q

0q$v_1^2 sin^2\theta + v_2^2 sin^2\varphi - 2v_1v_2 sin\theta sin\varphi$

$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2(cos\theta cos\varphi - sin\theta sin\varphi)$
Ikkalasi uyg'un qachon $2v_1v_2(cos\theta cos\varphi - sin\theta sin\varphi) = 0\ da$.
Bu tenglik esa faqat $v_1 yoki\ v_2\ \ nol\ bo'lishiga\ mos\ keladi.$ bu hol esa faqat peshona yo'nalishiga mos keladi.qolgan hollarda ikkala sharda ham tezlik bo'ladi.Demak qavs nolga teng bo'lishi kerak Xaqiqatdan ham
$cos\theta cos\varphi - sin\theta sin\varphi = \cos(\theta + \varphi) = \frac{\pi}{2}\ da\ nolga\ teng\ bo'ladi.$
Yana bir muommoli vaziyat bo'lyabdiki ,uchta tenglama bo'laturib nomalumlar soni 4 ta bo'lmoqda ular $v_1, v_2, \theta, \varphi$?
$m_1 \neq m_2$ bo'lsin$mv_0 = mv_1 + mv_2; \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$;
birinchisini m_1 ga ikkinchisini m_1G'2 ga bo'lib olib, olamiz:
$v_0 = v_1 + \frac{m_2}{m_1}v_2$ va $v^2 = v_1^2 + \frac{mv_2^2}{m1}$;
Birinchisini kvadratga ko'tarsak :

$v^2 = v_1^2 + \left(\frac{m}{m1}\right) v_2^2$ Q2$\frac{m2}{m1}v_1v_2$ buni $\frac{m2}{m1}v_2$
$v^2 = v_1^2$ Q$\frac{m2v_2^2}{m1}$

$0 = \frac{m2}{m1}v_2^2\left(\frac{m}{m1} - 1\right)$ Q2$\frac{m2}{m1}v_1v_2$ 0q$\left(\frac{m}{m1} - 1\right)v_2$ Q2v_1
Ohiridan 0q$\left(\frac{m}{m1} - 1\right)v_2$ Q2$v_1 \to \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{m}{m1}\right)q\frac{m_1 - m_2}{2m_1}$;
$mv_0 = mv_1 + mv_2$
$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1 - m_2}{2m_1}$; dan $v_2 = \frac{2m_1v_1}{m_1 - m_2}$
$mv_0 = mv_1 + \frac{2m_1m_2v_1}{m_1 - m_2}$
$m_1v_0(m_1 - m_2) = m_1^2v_1 - m_1m_2v_1 + 2m_1m_2v_1$
$m_1v_0(m_1 - m_2) = v_1(m_1^2 - m_1m_2 + 2m_1m_2)$
$v_0(m_1 - m_2) = v_1(m_1 + m_2)$

$$v_1 = \frac{(m_2 - m_1)v_0}{m_1 + m_2}\ v_2 = \frac{(2m_1)v_0}{m_1 + m_2}$$

8-mavzu. Knchik tebranishlar. Bir o'lchovli erkin tebranishlar. Majburiy tebranishlar.

Asosiy savollar:

1. Bir o'lchovli tebranishlar.
2. Majburiy tebranishlar.
3. Ko'p erkinlik darajasiga ega sistema tebranishi.

Mavzuga oid tayanch suz va iboralar:

Tebranish amplituda	amplituda	kompleks ampletuda
To'lqin	erkinlik darajasi	muvozanat xolati
Kinetik energiya	potentsial energiya	davriy funktsiya
Chastota	chiziqli operator	majburlovchi kuch
Davr	tsiklik chastota	ekin tebranish
Bir o'lchovli	xususiy chastota	qatorlar
Eksponenta	qatorga yoyish	eksponentsial
Rezonans	kuch impulsi	

1-asosiy savol: Bir o'lchovli tebranishlar.

1-asosiy savolning maqsadi:
Bir o'lchovli xarakat haqidagi tushunchalarni talabalar ongiga singdirish.

Identiv o'quv maqsadlari:
1. Bir o'lchovli kichik tebranishlarni ajrata oladi.
2. Kichik tebranishlar xoli uchun potentsial va kinetik energiya ifodalarini yozadi.
3. Lagranj tenglamasini echa oladi.

1-asosiy savolning bayoni:

Mexanik sistema xarakatining eng ko'p tarkalgan turi kichik tebranishlardir. Bunda sistema o'zining muvozanat vaziyati atrofida tebranma xarakat sodir qiladi. Bunday xarakatni o'rganishni bir erkinlik darajasiga ega bo'lgan kichik tebranishlardan boshlaymiz. Turgun muvozanat xolatiga shunday xolat mos keladiki bunda sistema potentsial energiyasi minimum qiymatga ega bo'ladi. Bu vaziyatdan kichik og'ish - du/dq muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuchni paydo qiladi. Bu kuch sistemani dastlabki vaziyatiga qaytaradi. Mos umumlashgan koordinatalarni q_0 deb belgilasak , kichik tebranishlar uchun $U(q)-U(q_0)$ farqni $q-q_0$ bo'yicha qatoriga yoysak, birinchi xadni saqlab qolish etarlidir. Umumiy xolda bunday xad ikkinchi tartibli xaddir.

$$U(q)-U(q_0)=\frac{k}{2}(q-q_0)^2 \qquad (1)$$

Bu erda k -musbat koeffitsient, Potentsial energiyani minimum ya'ni no'l qiymatidan xisoblab

$$x=q-q_0$$

(2)

belgilashni kiritsak potentsial energiya kuyidagicha aniqlanadi.

$$U(x)=kx^2/2$$

(3)

Sistema kinetik energiyasi esa

$$\frac{1}{2}a(q)q^2=\frac{1}{2}a(q)x^2$$

(4)

Bunday yakinlashishda proportsionallik koeffitsientini $a(q) = m$ ga almashtiramiz.
Bir o'lchovli kichik tebranishlar sodir qilayotgan sistema uchun Logranj funktsiyasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$L = \frac{mx^2}{2} - \frac{kx^2}{2} \qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{DL}{DX}\right) = \frac{DL}{DX} \tag{5}$$

Bu funktsiyaga mos xarakat tenglamasi

$$mx + kx = 0 \tag{6}$$

yoki

$$x + w^2 x = o \tag{7}$$

Bu erda

$$w = \sqrt{k \backslash m}$$

(8)
(7) differentsial tenglamaning umumiy echimi

$$x = C_1 \cos wt + C_2 \sin Wt$$

(9)
Bu ifoda quyidagicha xam yozilishi mumkin.

$$X = o \cos(wt + a)$$

(10)
$\cos(wt + l) = \cos w$ bo'lganligi sababli (9) ifoda ixtiyoriy doimiylarining a, l, c, b_0, c_2 kattaliklar bilan bog'lanishini ko'rsatadi.

$$a = \sqrt{c_1^2 + c_2^2}\,; \qquad tg\ell = -\frac{c_2}{c_1}$$

(11)
Shunday kilib, muvozanat vaziyati atrofidagi tebranishlar garmonik tebranishlar ekan. a koeffitsient tebranish amplitudasi deyiladi. $\cos$ ning argumenta esa faza. ℓ kattalik sanoq vaqtining tanlanishiga sog'lik bo'lgan boshlang'ich faza.
w kattalikka tsiklik chastota deyiladi. Keyinchalik biz bu kattalikni oddiy qilib chastota deb ataymiz. Chastota tebranishning xarakat boshlang'ich shartiga bog'-liq bo'lmagan asosiy xarakteristikasidir. Kichik tebranma xarakat sodir qilayotgan sistemaning energiyasi

$$E = \frac{mx^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{m}{2}(x^2 + w^2 x^2)$$

(12)
ga teng bo'ladi yoki (10) ga qo'ysak energiya uchun quyidagi ifodani olamiz

$$E = \frac{1}{2} m w^2 a^2 \tag{13}$$

Olingan ifodadan ko'rinadiki energiya tebranish ampletudasi kvadratiga proportsional ekan.

Nazorat topshiriklari.
1. Kichik tebranishlar qanday tebranishlar ?

2. Kichik tebranishlar uchun potentsial na kinegik energiyani yozing.
3. Kichik tebranishlar uchun Lagranj tenglamasi.
4. Amplituda va boshlang'ich fazami koordinata va tezlikning boshlang'ich qiymati orqali ifodalang.

2-asosiy savol: Majburiy tebranishlar.
2-asosiy savolning maqsadi:
Majburiy tebranishlar haqidagi tushunchalarni talabalar ongiga singdirish.

Idsntiv o'quv maqsadlari:
1. Tashki kuch ta'sirini ko'rsata oladi.
2. Xarakat tenglamasini yoza oladi.
3. Xarakat tenglamasini echa oladi.
4. Energiya ifodasini aniqlay oladi.

2-asosiy savolning bayoni:

Xususiy potentsial energiya $\frac{1}{2}kx^2$ dan tashkari sistema, tashki muhit bilan bog'lik bo'lgan $U_l(x_1 t)$ potentsial energiyaga xam ega

$$U_l(x_1 t) = U_\ell(O_1 t) + x\frac{\partial Ue}{\partial x}\Big|_{x=0}$$

(14)
Birinchi xad faqatgina vaqt funktsiyasidir, shu sababli Lagranj funktsiyasida tushurib qoldirish mumkin. Ikkinchi xadda $\partial U\ell / \partial x$ tashqi kuch bo'lib sistemaga ta'sir qiluvchi kuchdir. Sistema Lagranj funktsiyasi quyidagi ko'rinishga ega.

$$L = \frac{mx^2}{2} - \frac{kx^2}{2} + xF(t)$$

(15)
Mos xarakat tenglamasi

$$mX + kx = F(t)$$

yoki

$$X + w^2 x = \frac{1}{m}F(t)$$

(16)
tashqi ta'sir qiluvchi kuch, biror γ chastotali davriy funktsiya bo'lsin:

$$F(t) = f\cos(\gamma t + \beta)$$

(17)
U xolda, umumiy echim

$$X = a\cos(wt = l) + \frac{f}{m(w^2 - \gamma^2)}\cos(\gamma t + \beta)$$

(18)
Bu echim rezonans xolatida o'rinli emas.

Bu xolda umumii echimni topish uchun yuqoridagi echimnn quyidagi ko'rinishda yozamiz ;

$$x = a\cos(wt + l) + \frac{f}{m(w * r)}\left[\cos(t + \beta)\cos(wt + \beta)\right]$$

(19)

$\gamma \to \infty$ 2- xad $0/0$ tipidagi noaniqlikka olib keladi.Lopital qoidasini qo'llasak

$$x = a\cos(wt + l) + \frac{f}{2mw} tSin(wt + \beta)$$

(20)

Shunday qilib, rezonans xolatida tebranish amplitudasi vaqt mobaynida chiziqli o'zgaradi.

Rezonans atrofida kichik tebranishlarni karab chikaylik $\gamma = w + \varepsilon$ xolida, bu erda ε -biror kichik kattalik. Umumiy echimni kompleks ko'rinishida ifodalaylik

$$x = Al^{wt} + Bl^{i(w+\varepsilon)t} = (A + Bl^{i\varepsilon t})l^{iwt}$$

(21)

$C = \left| A = Bl^{i\varepsilon t} \right|$ deb belgilaymiz.

A va V mos ravishda $a^{lt\ell}$ va $bl^{i\beta}$ deb belgilasak

$$C^2 = a^2 + b^2 + 2ab\cos(\varepsilon t + \beta - \ell) \qquad (22)$$

ifodani olamiz.

Shunday kilib, tebranish amplitudasi ε chastota bilan davriy ravishda o'zgaradi.

$$|a - b| \le C \le a + b$$

Ixtiyoriy $F(t)$ kuch ta'sir qilayotganda xarakat tenglamasini integrallab xarakatni aniqlashimiz mumkin.Buning uchun uni quyidagi ko'rinishda yozamiz.

$$\frac{d}{dt}(X + iwx) - iw(x + iwx) = \frac{1}{m}F(t)$$

(23)

Yoki

$$\frac{d\varepsilon}{dt} - iwx = \frac{1}{m}F(t)$$

Bu erda $\varepsilon = x + iwx$, kompleks kattalik. Umumiy koidaga ko'ra bir jinsli bo'lmagan tenglama echimini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\varepsilon = A(t)l^{iwt}$$

$A(t)$ funktsiya uchun quyidagi tenglamani olamiz.

$$A(t) = \frac{1}{m}F(t)l^{-iwt}$$

(24)

bu ifodani integrallab, tenglama echimini quyidagi ko'rinishda olamiz.

$$\varepsilon = l^{iwt}\left\{\int_0^t \frac{1}{m}F(t)l^{iwt}dt + \varepsilon_0\right\}$$

(25)

Ma’lumki, majburiy tebranish chog’ida sistema energiyasi saqlanmaydi. Sistema, tashqi kuch xisobiga energiya oladi. $t \to \infty$ vaqt oralig’ida sitemaga beriladigan to’la energiyani aniqlaylik

$$\left|\xi(\infty)^2 \frac{1}{m^2}\left|\int_{\infty}^{\infty} F(t)l^{-iwt}dt\right|^2\right.$$

(26)

Ikkinchi tomondan sistema energiyasi

$$E = \frac{m}{2}(x^2 + w^2x^2) = \frac{m}{2}|\xi|^2$$

(27)

Demak,

$$E = \frac{1}{2}\left|\int_{\infty}^{\infty} F(t)l^{-iwt}dt\right|^2$$

Xususiy xolda, tashqi kuch qiska vaqt ichida ta’sir qilayotgan bo’lsa $l^{-iwt} \approx 1$ deb xisoblash mumkin va bu xolda

$$E = \frac{1}{2m}\left(\int_{\infty}^{\infty} F(t)dt\right)^2$$

(28)

Nazorat topshiriklari.

1. Erkin tebranishlar qanday tebranishlar ?
2. Majburiy tebranishlar qanday tebranishlar ?
3. Tashqi kuch qanday topiladi ?
4. Majburiy tebranish uchun xarakat tenglamasini yozing.
5. Tashki kuch ta’sirida dastlab tinch turgan jismning majburiy tebranishini aniqlang.

3-asosiy savol: Ko’p erkinlik darajasiga ega bulgan sistema tebranishi.

3-asosiy savolning maqsadi:

Ko’p erkinlik darajasiga ega bulgan sistema tebranishini o’rganish.

Identiv o’quv maqsadlari:

1. Erkinlik darajalarini biladi.
2. Xarakteristik tenglamalarni keltirib chiqara oladi.
3. "Tenglama echimidan foydalana oladi.

3-asosiy savolning bayoni:

Sistema s - erkinlik darajasiga ega bo'lsin. Sistema potentsial energiyasi umumlashgan koordinata funktsiyasi bo'lsin.Potentsial energiyaning minimum qiymati $q_i = q_{io}$ da bo'lsin. Kichik silishlarni kiritamiz:

$$x_i = q_i - q_w$$

(29)

Potentsial energiyani ikkinchi tartibli xadgacha katoriga yoyib quyidagi ifodani olamiz:

$$U = \frac{1}{2}\sum_{ik} k_{ik} x_i x_k \qquad (30)$$

k_{ik} va k_{ki} koeffitsientlar potentsial energiya ifodasiga kirganligi sababli (bir xil $x_i x_k$ kattaliklarga ko'paytiriladi) shu sababli ular simmetrikdir.

$$k_{ik} = k_{ki}$$

Kinetik tneogiya esa

$$\frac{1}{2}\sum_{ik} a_{ik}(q) q_i q_k$$

$q_i = q_{io}$ koeffitsientlarda $a_{ik}(q_0)$ ni $m_i k$ deb belgilasak, kinetik energiya xam kvadratik ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$\frac{1}{2}\sum_{ik} m_{ik} x_i x_k \qquad (31)$$

m_{ik} va m_{ki} koeffitsientlar xam xuddi k_{ik} - kabi simmetrikdir.

$$m_{ik} = m_{ki}$$

Kichik tebranishlar xolida Lagranj funktsiyasini quyidagi ko'rinishda ezishimiz mumkin:

$$L = \frac{1}{2}\sum_{ik}(m_{ik} x_i x_k - \kappa_{ik} x_i x_k$$

(32)

Xarakat tenglamasini tuzamiz. Tenglamaga kiruvchi xosilalarnn aniqlash uchun Lagranj funktsiyasini to'la differentsial ko'rinishda yozamiz:
Yig'indi indekslarini almashtirish orqali o'zgarmasligini e'tiborga olsak:

$$dL = \sum_{i,k}(m_{ik} X_k dX_i - k_{ik} X_k dx_i)$$

Bu erdan kurinadiki.

$$\frac{\partial L}{\partial X_i} = \sum_k m_{ik} X_k \ ; \qquad \frac{\partial L}{\partial X_i} - \sum_k k_{ik} X_k$$

Shu sababli, Lafanj tenglamasi

$$\sum_k m_{ik} X_k + \sum_k k_{ik} x_k = o$$

(33)

ko'rinishga ega bo'ladi.

Olingan Lagranj tenglamasi S ta chizikli bir jinsli tenglamalardan iboratdir. Umumiy tenglama echish qoidalariga ko'ra S ta $x_h(t)$ ko'rinishdagi noma'lum funktsiyalarni aniqlaymiz:

$$X_k = A_k l^{iwt} \tag{34}$$

A_i -xozircha noma'lum doimiylik.

Bu echimni Lagranj tenglamasiga quysak, A_k doimiylikni kanoatlantiruvchi chizikli bir jinsli tenglamalarni olamiz:

$$\sum_k (-w^i m_{ik} + k_{ik}) A_k = o \tag{35}$$

Sistema echimiga ega bo'lishi uchun aniqlovchi no'lga teng bo'lishi kerak.

$$\left| k_{ik} - w^2 m_{ik} \right| = 0$$

Bu tenglamalarga w^2 ichiga nisbatan S darajali tenglamalarga xarakteristik tenglamalar deyiladi. Bu tenglamalar S ta turli ildizga ega.Bunday aniqlangan w^2 kattalikka sistemaning hususiy chastotasi deyiladi.

Uch o'lchovli tebranma xarakat qilayotgan sistema tashki maydonda mavjud bo'lsin. Bu xolda kinetik energiya quyidagi ko'rinishda aniqlanadi.

$$T = \frac{m}{2}(X^2 + y^2 + Z^2)$$

(36)

Nazorat topshiriqlari.

1. Ko'p erkinlik darajasiga ega sistemalar qanday aniqlanadi.
2. Sistemaning xususiy chastotasi deb qanday chastotaga aytiladi?
3. Xarakteristik tenglamani yozing.
4. Markaziy maydondagi zarracha xarakatining traektoriyasini toping.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustakil ish topshiriqlari:

1 . Vir ulchovli tebranishlar.
(1) 78-82 betlar
(2) -
(3) 253-258 betlar
2. Majburiy tebranishlar.
(1) 82-86 betlar
(2) -
(3) 286-289 betlar
3. Kup erkinlik darajasiga ega bulgan sistema tebranishi.
(1) 87-94 betlar
(2) -
(3) 289-302 betlar

Mavzuga oid adabietlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

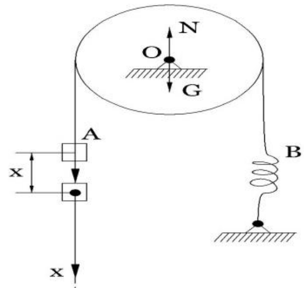
Kichik tebranishlarga oid misollar:

1-masala

Cho’zilmaydigan AB ip qo’zg’almas O nuqtadan o’tuvchi gorizontal o’q atrofida aylana oladigan blok orqali o’tkazilgan. Blok og’irligi Q ga teng bo’lib, uningmassasi g’ildirak tig’ini bo’ylab bir tekis taqsimlangan. Ipning B uchi qattiqlik koeffisenti k ga teng vertical prujinaga bog’langan ; ipning A uchiga esa og’irligi P ga teng yuk osilgan.

Boshlang’ich paytda A yuk prujinaning elastiklik kuchi bilan muvozanatlashadi deb qarab, yukka vertical tarzda pastga yo’nalgan kichik v_0 boshlang’ich tezlik berilgandagi yukning tebranma harakati aniqlansin. Blok o’qida va podchemnikdagi ishqalanish kuchi, ipning og’irligi hisobga olinmasin.

Yechish:



99-rasm

Yuk harakatini aniqlash uchun Lagranj funksiyasini va Eyler-Lagranj tenglamasini tuzib olamiz. Koordinata boshini yukning muvozanatholatida olib, x o’qini vertical pastga yo’naltiramiz. Bolk va yukning kinetic energiyalarini $T_1\ va\ T_2$ lar bilan belgilasak $T = T_1 + T_2$ bo’ladi. Blok qo’zg’almas o’qda aylanma harakat qilayotgani uchun

$$T_1 = \frac{J_z\dot{\varphi}^2}{2} = \frac{1}{2}\frac{Qr^2}{2g}\dot{\varphi}^2 J_z = \frac{Qr^2}{2g}$$

Yuk to’g’ri chiziqli harakatda bo’lgani uchun $T_2 = \frac{m\dot{x}^2}{2} = \frac{P\dot{x}^2}{2g}$

Yuk tezligi g’ildirak to’g’inidagi nuqta tezligiga teng. $\dot{x} = r\dot{\varphi}$

U holda $T = T_1 + T_2 = \frac{1}{2}\frac{Qr^2}{2g} + \frac{P\dot{x}^2}{2g} = \frac{1}{2g}(P + \frac{Q}{2})\dot{x}^2$

Potensial energiya $U = \frac{kx^2}{2}$ (Muvozanat holatida potensial energiya nol deb olamiz). U holda Lagranj funksiyasi $L = \frac{1}{2g}\left(P + \frac{Q}{2}\right)\dot{x}^2 - \frac{kx^2}{2}$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{1}{g}\left(P + \frac{Q}{2}\right)\dot{x}\ ; \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{1}{g}\left(P + \frac{Q}{2}\right)\ddot{x}\ ;\ \frac{\partial L}{\partial x} = -kx$$

$$\frac{1}{g}\left(P + \frac{Q}{2}\right)\ddot{x} + kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{2gk}{2P + Q}x = 0\ ;\ \omega^2 = \frac{2gk}{2P + Q}\ ;\ \ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

Buning yechimi $x = A\sin(\omega t + \alpha)$ bo’lib, A va α lar integrallash doimiylari bo’lib boshlang’ich shartlar asosida topiladi.

Masala shartiga ko'ra: tq0 da xq0 ,$\dot{x} = v_0 \begin{cases} x = Asin(\omega t + \alpha) \\ \dot{x} = A\omega cos(\omega t + \alpha) \end{cases} \begin{cases} 0 = Asin\alpha \\ v_0 = A\omega cos\alpha \end{cases}$

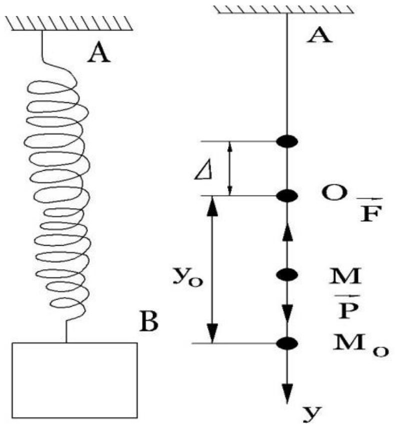
bulardan $\alpha = 0;\ \omega = \frac{v_0}{A}\ ; x = \frac{v_0}{\omega} sin\omega t$

Chastota $\omega = \sqrt{\frac{2gk}{2P+Q}}\quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{2P+Q}{2gk}}$;

2-masala

Og'irligi P ga teng yuk A uchi qo'zg'almas qilib biriktirilmagan AB purjinaga osilgan. Yuk tinch holatda turganda purjina cho'zilishi Δ ga teng. Yuk boshlang'ich paytda vertical bo'yicha pastga y_0 masofaga siljitilib , $\dot{y}_0$ tezlik bilan qo'yib yuborilgan. Prujinaning massasini hisobga olmay yuk harakati aniqlansin.

Yechish:



100-rasm

Y o'qini vertical pastga yo'naltirib koordinata boshini muvozanat vaziyatida olamiz. Boshlang'ich shartlar $t = 0\ da\ y = y_0\ , \dot{y} = \dot{y}_0$. Boshlang'ich paytda y M_0 nuqtada bo'lgan va $\dot{y}_0$boshlang'ich tezlik bilan harakatlangan. P ga qarshi elastic kuchi ta'sir qiladi. Yuk ixtiyoriy y koordinataga ega bo'lganda M holatda bo'ladi va prujina deformasiyasi $\Delta + y$ va $F = k(\Delta + y)$

y o'qqa proeksiyasi $F_y = -k(\Delta + y)$

Muvozanat holatda bo'lganda $P = F_{st} = k\Delta$ bundan $k = \frac{P}{\Delta}$

U holda holat tenglamasi $m\ddot{y} = P - k(\Delta + y)\ ; P = mg$

$$m\ddot{y} = P - k\Delta - ky\ ; \rightarrow m\ddot{y} = -ky \rightarrow \ddot{y} = -\frac{k}{m}y$$

$$\ddot{y} = -\frac{P}{\Delta m}y\ ; \ddot{y} = -\frac{g}{\Delta}y\ \rightarrow\ \ddot{y} + \omega^2 y = 0\ ;\ \omega^2 = \frac{g}{\Delta}\ ;$$

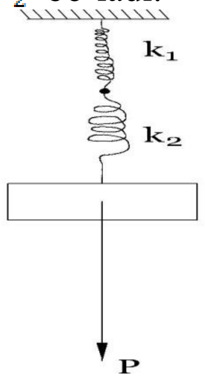
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta}{g}} x = Asin\left(\sqrt{\frac{\Delta}{g}}t + \alpha\right); A = \sqrt{y_0^2 + \frac{\dot{y}_0^2}{\omega^2}}\ ; tg\alpha = \omega\frac{y_0}{\dot{y}_0}$$

3-masala

Og'irligi P ga teng bo'lgan yuk bikirlik koeffisentlari k_1 va k_2 bo'lgan prujinalarga osilgan. Prujinalar ketma-ket va parallel ulanganda yukning erkin tebranish davri aniqlansin. Yuk shunday o'rnatilganki , parallel biriktirilgan ikkala prujina bir xil uzunlikka cho'ziladi.

Yechish:

a) ketma-ket ulanganda $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$ bo'ladi. $\Delta -$statik cho'zilish.

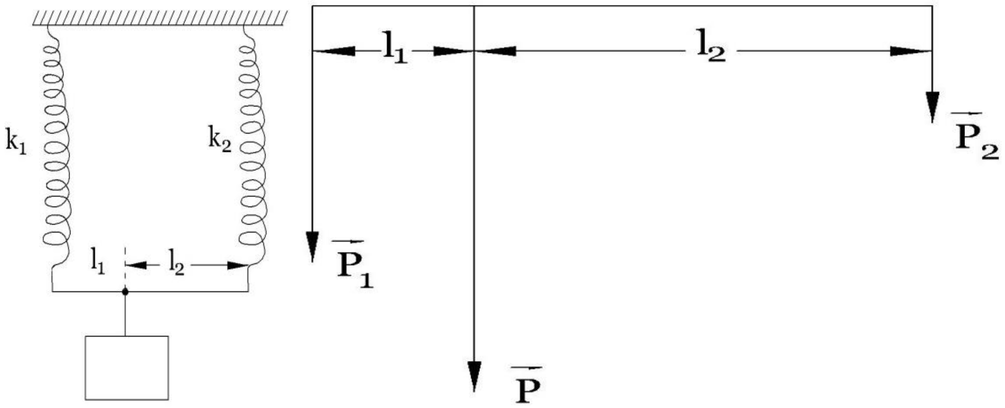


101-rasm

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \frac{P}{k_1} + \frac{P}{k_2} = P\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right) = P\frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2}$$

$\omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta}}$ dan $T = 2\pi\sqrt{P\frac{k_1+k_2}{k_1 k_2}}$

b) parallel ulanganda



102-rasm

$P = P_1 + P_2$; $\frac{P_1}{P_2} = \frac{l_2}{l_1}$ massa shartiga ko'ra $\Delta_1 = \Delta_2$; $k = \frac{P}{\Delta}$ ga asosan $\frac{P_1}{k_1} = \frac{P_2}{k_2}$

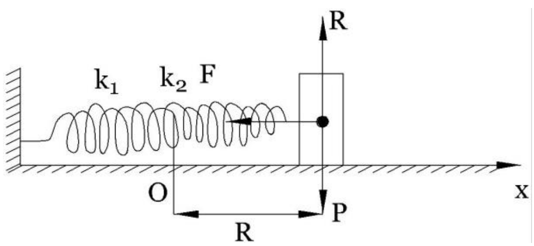
$\frac{P_1}{P_2} = \frac{k_1}{k_2}$ u holda $\frac{l_2}{l_1} = \frac{k_1}{k_2}$; $\Delta_1 = \Delta_2 = \frac{P_1}{k_1} = \frac{P_2}{k_2} = \frac{P_1+P_2}{k_1+k_2} = \frac{P}{k_1+k_2}$

$\omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta}}$ ga asosan $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{P}{g(k_1+k_2)}}$

4-masala

Og'irligi Pq9,8N bo'lgan yuk silliq sirt ustida yotibdi. U ketma-ket ulangan bikirliklari k_1 va $k_2$bo'lgan prujinalarga mahkamlangan. Yukning muvozanat holati prujinalarning deformasiyalangan holatiga to'g'ri keladi. Agar yuk o'ng tomonga 4smga surilib , shu yo'nalishda 90 smG's tezlik berilsa , harakat tenglamasi va tebranish davri topilsin.

Yechish:



103-rasm

X o'qi boshi yukning shunday holatiga qo'yilganki , unda prujinalar deformasiyalangmay turgan. O'ng tomonga yo'nalgan. Boshlang'ich shartlar quydagicha.

$t = 0$ da $x = x_0$; $\dot{x} = \dot{x}_0 = 90\ sm/s$

Rasmda yuk o'ng tomonga x koordinataga surilgan holat tasvirlangan . Prujinalarda chap tomonga yo'nalgan F elasticlik kuchi hosil bo'ladi. Ikkala prujinalarning umumiy bikirlik koeffisentini topamiz. Umumiy siljish $x = \frac{F}{k}$ bo'lib $x = x_1 + x_2$ har ikkala prujinaga bir xil F kuch ta'sir qilgani uchun

$x_1 = \frac{F}{k_1}$; $x_2 = \frac{F}{k_2}\frac{F}{k} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} \to \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$

Demak $F = kx \ \to \ F_x = -kx = -\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}x$

$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$; $x = Asin(\omega t + \alpha)$

$$\omega = \sqrt{\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}\frac{g}{P}} = 14{,}9\frac{1}{s}\ ;\ A = \sqrt{x_0^2 + \frac{\dot{x}_0^2}{\omega^2}} = \sqrt{4^2 + \frac{90^2}{14{,}9^2}} = 7{,}25sm$$

$$tg\alpha = \omega\frac{x_0}{\dot{x}_0} = 14{,}9 * \frac{4}{90} = 0{,}66\ ;\ \alpha = arctg(0{,}66) = 0{,}58\,rad$$

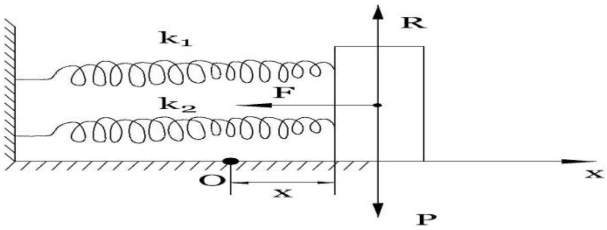
$$x = 7{,}25\sin\,(14{,}9t + 0{,}58)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{14{,}9} = 0{,}42\,s$$

5-masala

4-masala ikkala prujina parallel ulangan holat uchun yechilsin. Yukni nuqtaviy massa deb oling.

Yechish:



104-rasm

$$k = k_1 + k_2 \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{(k_1 + k_2)\frac{g}{P}} = \sqrt{(4+5)\frac{980}{9{,}8}} = 30\frac{1}{s}$$

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{\dot{x}_0^2}{\omega^2}} = \sqrt{4^2 + \frac{90^2}{30^2}} = 5\ sm$$

$$\alpha = arctg = \omega\frac{x_0}{\dot{x}_0} = arctg30 * \frac{4}{90} = arctg\frac{4}{3} = 0{,}92\,rad$$

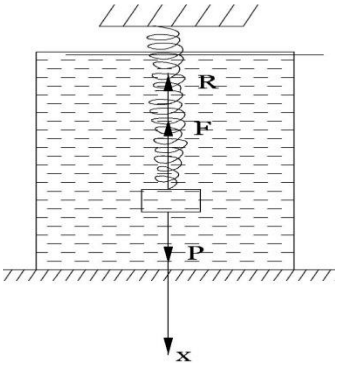
$$x = 5\sin\,(30t + 0{,}92)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{30} = 0{,}21\,s$$

6-masala

Pq98N og'irlikdagi yuk prujinaga osilgan va suyuqlikda harakatlanadi kq10NG'sm. Qarshilik kuchi $R = \beta v$ bo'lib, unda $\beta = \frac{1{,}6Ns}{sm}$. Agarda yuk static muvozanat holatidan 4sm pastga siljitilgan va unga pastga qarab $v_0 = 4\frac{sm}{s}$ tezlik berilgan bo'lsa , harakat tenglamasi topilsin.

Yechish:



106-rasm

x o'qining boshi yukning static muvozanat holatiga to'g'ri keladi. Boshlang'ich shartlar

$t = 0$ da $x = x_0 = 4\ sm$; $\dot{x} = \dot{x}_0 = 4\ sm/s$

Chizmada x koordinatani musbat qiymat oladigan qilib tasvirlasak

$\Delta = \Delta_{ct} + x$; $F_x = -k(\Delta_{ct} + x)$

$m\ddot{x} = P + F_x + R_x \frac{P}{g}\ddot{x} = P - k\Delta_{ct} - kx - \beta v$; $P - k\Delta_{ct} = 0$ ligini inobatga olsak

$\frac{P}{g}\ddot{x} = -kx - \beta v$; $\ddot{x} = \frac{kg}{P}x - \frac{\beta g}{P}\dot{x} \rightarrow \ddot{x} + 2\lambda\dot{x} + \omega^2 x = 0$;

$\lambda = \frac{\beta g}{2P}$; $\omega = \sqrt{\frac{kg}{P}}$ son qiymatlarini qo'ysak $\omega = 10\frac{1}{s}$; $\lambda = 8\ \frac{1}{s}$ chiqadi. Bu $\omega > \lambda$ ni qanoatlantiradi. Harakteristik tenglama $\gamma^2 = 2\lambda\gamma + \omega^2 = 0$ bundan

$\gamma_{12} = -\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - \omega^2} == -\lambda \pm i\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}$

U holda $x = e^{-\lambda t}(C_1 cos\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t + C_2 sin\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t$

C_1 va C_2 ni toppish uchun

$$\dot{x} = e^{-\lambda t}\left(-C_1\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}sin\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t + C_2\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}cos\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t\right)$$
$$- -\lambda e^{-\lambda t}(C_1 cos\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t + C_2 sin\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t)$$

Bunga boshlang'ich shartlarni qo'ysak:

$\dot{x}_0 = C_2\sqrt{\omega^2 - \lambda^2} - \lambda C_1 x_0 = C_1 \rightarrow \dot{x}_0 = C_2\sqrt{\omega^2 - \lambda^2} - \lambda x_0$

$C_2 = \frac{\dot{x}_0 + \lambda x_0}{\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}}$; $x = e^{-\lambda t}(x_0 cos\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t + \frac{\dot{x}_0 + \lambda x_0}{\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}}\ sin\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t)$

$x_0 = Asin\alpha$ va $Acos\alpha = \frac{\dot{x}_0 + \lambda x_0}{\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}}$ lardan $A = \sqrt{x_0^2 + \frac{(\dot{x}_0 + \lambda x_0)^2}{\omega^2 - \lambda^2}}$

$\alpha = arctg\frac{x_0}{\dot{x}_0} = arctg\frac{x_0\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}}{\dot{x}_0 + \lambda x_0} x = Ae^{-\lambda t}\sin\left(\sqrt{\omega^2 - \lambda^2}t + \alpha\right)$

$A = 7{,}2\ sm;\ \alpha = 0{,}59\ rad;\ \omega' = \sqrt{\omega^2 - \lambda^2} = 6\frac{1}{s}$

$x = 7{,}2e^{-8t}\sin(6t + 0{,}59)\,sm$

9-mavzu. Sunuvchi tebranishlar. Ishkalanish mavjud bulgan xoldagi majburiy tebranishlar. Parametrik rezonans,

Asosiy savollar:

1. Ishqalanish mavjud bo'lgan xoldagi tebranishlar.
2. So'nuvchi tebranishlar.
3. Parametrik rezonans.

Mavzuga oid tayanch suz va iboralar:

Dissipatsiya ishkalanish sunish koeffitsienti
Chizikli tenglama davriy sunish davriy bulmagan sunish
Parametrik rezonans intensivlik Kechikuvchi tebranishlar
dissipativ funktsiya rezonans chizikli algebraik tenglama
xakikiy va kompleks kattaliklar majburiy tebranish

1-asosiy savol: Ishqalanish mavjud bo'lgan xoldagi tebranishlar.

1-asosiy savolning maqsadi:
Ishqalanish mavjud bo'lgan xoldagi tebranishlarni o'rganish.

Identiv o'quv maqsadi:

1. Ishqalanish kuchlarini biladi.
2. Ishqalanish mavjud bo'lgan xoldagi tebranish tenglamasini yoza oladi.
3. Tenglama echimini taxlil qila oladi.

1-asosiy savolning bayoni:
Sistemaga davriy majburlovchi $f\cos\gamma t$ kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin. U xolda xarakat tenglamasi quyidagicha yoziladi ;

$$X + 2\lambda x + w_0^2 x = \frac{f}{m}\cos\gamma t$$

(1)

Echimni kompleks ko'rinishda topish kulaydir. Buning uchun $\cos\gamma t$ o'rniga $l^{i\gamma t}$ ni yozamiz.

$$X + 2\lambda x + w_0^2 x = \frac{f}{m} l^{i\gamma t} \qquad (2)$$

Xususiy integral $x = Bl^{i\gamma t}$ kurinishida qidiramiz va V ni topamiz.

$$B = \frac{f}{m(w_0^2 - \gamma^2 + 2i\lambda\gamma)}$$

(3)su

V ni bl^i orqali belgilab V va δ uchun kuyidagi ifodani olamiz.

$$b = \frac{f}{m\sqrt{(w_0^i - \gamma^2)^2 + 4\lambda^2\gamma^2}}; \qquad tg\delta = \frac{2\lambda\gamma}{\gamma^2 - w_0}$$

(4)

Umumiy echem quyidagicha aniqlanadi:

$$X = al^{-\lambda t}\cos(wt + \ell) + b\cos(\gamma t + \delta)$$

(5)

Birinchi qo'shiluvchi vaqt mobaynida eksponentsial kamayadi, chunki etarlicha katta vaqt momentidan so'ng faqat ikkinchi xad qoladi. (4) ifoda amplitudaning o'sishini ko'rsatadi.

Rezonans soxasini qarab chiqaylik $\gamma = w_1 + \varepsilon$ deb belgilasak va $\lambda \prec\prec w_i$ xisoblasak taqriban quyidagi ifodani olish mumkin:

$$\gamma^2 - w_0 = (\partial + w_i)(\gamma - w_i) \approx 2w_0\varepsilon, 2i\lambda\gamma \approx 2i\lambda w$$

(6)

Demak amllitudalar uchun quyidagi ifodalarni keltirib chikaramiz:

$$B = \frac{f}{2m(\varepsilon - i^{\lambda})w_0} \qquad (7)$$

$$b = \frac{f}{2mw_o\sqrt{\varepsilon^2 + \partial^2}}; \qquad tg\delta = \frac{\lambda}{\varepsilon} \qquad (8)$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Ishqalanish mavjud. xod uchun majburiy tebranishlar tenglamasink yozing.
2. Amplituda va faza ifodasini ko'rsating.
3. Rezonans qachon sodir bo'ladi ?

2-asosiy savol: So'nuvchi tebranishlar.

2-asosiy savolning maqsadi:

So'nuvchi tebranishlarni har tomonlama mukammal o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Ishqalanish kuchi ifodasini biladi.
2. Tebranish tenglamasini yoza oladi.
3. Echimni taxlil qila oladi.
4. Dissipativ funktsiyani ajrata oladi.

2-asosiy savolning bayoni:

Tebranish biror muhitda sodir bo'layotgan bo'lsa, tebranishlarga qarshilik mavjud bo'ladi va tebranish sekinlashadi. jismning energiyasi kamaya boradi

(issiklikta aylanadi).Bu xolatda xarakat jarayoni sof mexanik jarayon emas, balki muhit xarakati va issiqlik xolatini e'tiborga olishi kerak.

Xarakatlanuvchi jismga f_u ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Agarda tezlik kichik bo'lsa, u xolda ishqalanish kuchini uning darajalari bo'yicha qatorga yoyishi mumkin. No'linchi xad no'lga teng chunki xarakatlanmayotgan jismga xech qanday ishqalanish kuchi ta'sir qilmaydi va 1-xad tezlikka proportsional xaddir, 'ni

$$f_{\max} = -\ell X \tag{9}$$

ℓ - musbat koeffitsient.

Bu kuchni xarakat Tenglamasining o'ng tomoniga qo'ysak *:*

$$mX = -kx - \ell x$$

(10) m - ga bo'lib yuborsak va $k/m = w$

$$\frac{\ell}{m} = 2\lambda$$

belgilashlarni kiritsak. bu erda λ - suniy koeffitsienti, quyidagi tenglamani olamiz:

$$X + 2\lambda x + w_0^< x = 0$$

(11)

$x = l^{rt}$ ko'rinishda echimni qidirsak, r koeffitsientlar uchun quyidagi xarakat tenglamasini olamiz:

$$r^2 + 2\lambda r + w_0^2 = 0$$

(12)

Tenglamaning umumiy echimi

$$x = c_1 l^{r,t} + c_2 l^{r_2 t}, r_{1,2} = -\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - w_0^2}$$

(13)

Bu erda quiidagi ikki xolni ajratamiz.

Agarda $\lambda < w_0$ bo'lsa, u xolda r ikkita kompleks qiymatga ega.

Umumiy echim

$$x = \mathrm{Re}\left\{A\exp(-\lambda t) - it\sqrt{w_0^2 - \lambda^2)}\ \right\}$$

(14)

A- ixtiyorii kompleks doymiylik.

yoki

$$x = al^{-\lambda t}\cos(wt + l), w = \sqrt{w_0^2 - \lambda^2}$$

(15)

Bunday tenglamalar bilan xarakatlanuvchi jism *so'nuvchi tebranishlar* sodir qiladi. Bu eksponentsial kamayuvchi amplitudaga ega bo'lgan garmonik tebranishlardir. Amplitudaning kamayishi λ ko'rsatgichga bog'likdir.

1 . $\lambda << w_0$, bu xolda $2\pi / w$ davr ichida so'nuvchi tebranish amplitudasi deyarli o'zgarmaydi. Sistema energiyasi

$$E = E_0 l^{-2\lambda t}$$

(16)

qonuniyatga ko’ra kamayadi.
2. $\lambda > w_0$, bu xolda r ning ikkala qiymati xam xaqiqiy (manfiy ,).
Umumiy echim

$$X = C_1 \exp\left[-(\lambda - \sqrt{\lambda^2 - w_0^2})t\right] + c_2 \exp\left[-(\partial + \sqrt{\partial^2 - w_0^2})t\right]$$

(17)
Bu xolda $|X|$ kamayadi va $t \to \infty$ asimptotik yakinlashishda muvozanat xolatiga yaqinlashishda.Bunday xarakatga davriy bo’lmagan so’nish deb ataladi.
λ bo’lgan xolda xarakteristik tenglama yagona echimga ega bo’ladi. Bu xolda umumiy echim

$$x = (c_1 + c_2)l^{-\lambda t}$$

(18)
Ko’p erkinlik darajasiga ega bo’lgan sistema uchun tezlikning chiziqli funktsiyalari quyidagichadir:

$$f_{i\,\min} = -\sum_k a_{ik} x_k \qquad (19)$$

Statistik fizika metodlaridan

$$l_{ik} = \ell_{ki}$$

(20)
Shu sababli ishqalanish kuchi quyidagi xosila ko’rinishada yoziladi.

$$f_i = -\frac{\partial F}{\partial x_i}$$

(20)

Bu erda

$$F = \frac{1}{2}\sum_{ik} l_{ik} x_i x_k$$

(21)
dissipativ funktsiya.
Ishqalanish kuchi Lagranj funktsiyasi ifodasiga kiradi.

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial L}{\partial x_1} = \frac{\partial L}{\partial x_1} - \frac{\partial F}{\partial x_i}$$

(22)
Dissipativ funktsiya kuyidagi fizik ma’noga ega. Bu funktsiya orqali dissipativ energiya intensivligi aniqlanadi Sistemaning mexanik energiyasidan vaqt bo’yicha xosilani xisoblaylik.

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt}(\sum x_i \frac{\partial l}{\partial x_i} - L) = \sum_i x_i (\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial L}{\partial x_i} - \frac{\partial L}{\partial x_i}) = -\sum_i x_i \frac{\partial t}{\partial x_i}$$

(23)
F - tezlikning kvadratik funktsiyasi bo’lganligi sababli Eyler teoremasiga ko’ra o’ng tomondagi yigindi $2F$ ga teng buladi.

Shunday qilib, sistema energiyasining o’zgarish tezligi dissipativ funktsiyaning ikkilangan miqdoriga teng ekan. Disspativ jarayonlar energiya

kamayishiga olib kelganligi sababli disspativ funktsiya doimo musbat bo’lishi kerak.
Ishqalanish mavjud bo’lgan xolda kichik tebranishlar tenglamasi quyidagi ko’rinishga ega bo’ladi:

$$\sum m_{ik} x_k + \sum_k k_{ik} x_k = -\sum_k l_{ik} x_k$$

(24)

Bu tenglamarda $x_k = A_k l^{rt}$

deb belgilasak *v*a l^{rt} ga bo’lib yuborsak, quyilagi chiziqli algebraik tenglamalarni olamiz:

$$\sum_k m_{ik} r^2 + l_{ik} r + k_{ik})A_k = O$$

(25)

Bu sistema aniqlovchilarini no’lga tenglab , r ning qiymatini aniqlovchi xarakteristik tenglamalarni olamiz:

$$\left| m_{ik} r^2 + l_{ik} r + + k_{ik} \right| = 0$$

(26)

Bu tenglamalar r ga nisbatan $2S$ darajali tenglamalardir. Tenglamaning koeffitsientlari xaqiqiy bo’lganligi sababli tenglama echimlari xam yoki xaqiqiy yoki o’zaro kompleksdir. Bu xolda echim manfiydir.

Nazorat topshiriqlari.

1. Ishqalanish kuchi nimalarga bog’lik.
2. Xarakat tenglamasini yozing.
3. So’nuvchi tebranishlar deb kanday tebranishlarga aytiladi ?
4. Xarakat tenglamalarining echimini ko’rsating.
5. Davriy bo’lmagan so’nuvchi tebranishlar deb kanday tebranishlarga aytiladi ?

3-asosiy savol: Parametrik rezonans.

3-asosiy savolning maqsadi:
Parametrik rezonans bilan tanishish.

Identiv o’quv maqsalalari:

1. Berk va ochik sistema farkini tushunadi.
2. Parametrik rezonans xoli uchun xarakat tenglamasini yoza oladi.
3. Parametrik rezonansni taxlil kila oladi.

3-asosiy savolning bayoni:
Shunday berk tebranish sistemalari mavjudki, ular uchun tashqi ta’sir uning parametrlarini vaqt bo’yicha o’zgartiradi xolos.1-o’lchovli sistema parametrlari Lagranj funktsiyasidagi m va k koeffitsientidir. Agar ular vaqtga bog’lik bo’lsa,xarakat tenglamasi

$$\frac{d}{dt}(mx) + kx = 0$$

t ning o'rniga yangi o'zgaruvchi kiritsak va $d\tau = dt/m$ ekanligidan

$$\frac{d^2x}{dr^2} + mkx = O$$

tenglamani olamiz.Shu sababli, quyidagi

$$\frac{d^2x}{dt^2} + w^2(t)x = O$$

(28)

tenglamani qarab chiqish etarlidir.

$w(t)$ funktsiyaning ko'rinishi masala sharti orqali beriladi, ya'ni bu funktsiya γ chastotali davriy funktsiyadir.

$$w(t+T) = w(t) \qquad (29)$$

va shu sababli barcha tenglamalar $t \to t+T$ almashtirishga nisbatan invariantdir. Bu erdan agarda $x(t)$ tenglama echimi bo'lsa, u xolda $x(t+T)$ xam tenglamaning echimi bo'ladi. x_1 va x_2 larni shunday tanlash mumkinki, t ni $(t+T)$ ga almashtirish natijasida echimlarni doimiy ko'paytuvchilarga ko'paytirish etarlidir.

$X_1(t+T) = \mu_1 x_1(t)$, $x_2(t+T) = \mu_2 x_2(t)$

Bunday xususiyatga ega bo'lgan funktsiyaning umumiy ko'rinishi quyidagicha:

$$X_1(t) = \mu_1^{t/T} \Pi_1(t) \qquad ; \qquad x_2(t) = \mu_2^{t/T} \Pi_2(t)$$

(30)

bu erda Π_1, va Π_2 lar vaqtning davriy funktsiyalaridir.

μ_1 va μ_2 doimiyliklar ma'lum munosabatda o'zaro bog'langan bo'lishi kerak. Xakikatan xam tenglamalarni

$X_1 + w^2(t)x_1 = 0$, $X_2 + w^2(t)x_2 = 0$

mos ravishda X_1 va X_2 ga ko'paytirib va bir-biridan ayirib kuyidagini olamiz.

$$X_1X_2 - X_2X_1 = \frac{d}{dt}(X_1X_2 - X_1X_2) = 0$$

yoki

$$X_1X_2 - X_1X_2 = const \qquad (31)$$

bu tenglikning bajarilishi kuyidagi shartni talab kiladi.

$$\mu_1\mu_2 = 1$$

(32)

tinch xolatdagi sistema turg'un muvozanatda bo'lmaydi6 etarlicha kichiq og'ishda xam siljish vaqt bo'yicha tez o'sadi.Bu xodisaga parametrik rezonans deyiladi.

Nazorat topshiriqlari.

1. Parametrik rezonansni tushuntiring.
2. Energiya qanday o'zgaradi?
3. Xolat ko'paytiruvchilarini yozing.
4. Intensivlik nimalarga bog'liq bo'ladi?

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Ishqalanish mavjud bo'lgan xoldagi tebranishlar.

(1) 103-106 betlar
(2) -
(3) 289-302 betlar

2. So’nuvchi tebranishlar.

(1) 99-103 betlar
(2) -
(3) 270-289 betlar

3. Parametrik rezonans

(1) 106-112 betlar
(2) -
(3) 320-325 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

10- mavzu. Garmonik bo’lmagan tebranishlar.Chiziqli bo’lmagan tebranishlarda rezonans.

Asosiy savollar:

1. Garmonik va garmonik bo’lmagan tebranishlar.
2. Chiziqli bo’lmagan tebranishlarda rezonans xodisasi.

Mavzuga oid tayanch so’z va iboralar:

Chiziqli kattaliklar, Garmonik tebranish, Yaqinlashish metodi
Tashqi kuch, Diskriminant chiziqli bo’lmagan kattaliklar
Angarmonik , Xaqiqiy ildizlar, kombinatsion chastotalar,
Kompleks ildizlar

1.**asosiy savol:** Garmonik bo’lmagan tebranishlar.

1- asosiy savolning maqsadi:
Garmonik bo’lmagan tebranishlarni o’rganish.

Identiv o’quv maqsadlari:

1. Garmonik yoki chiziqli bo’lmagan tebranishlarni biladi.
2. Bunday sistemalar uchun Lagranj funktsiyasi va Lagranj tenglamalarni yoza oladi.
3. Yuqori tartibli xadlarni fizik ma’nosini tushuntirib bera oladi.

1- asosiy savolning bayoni:

Kichik tebranishlar nazariyasi potentsial va kinetik energiyalarni koordinata va tezliklar bo'yicha tashkil etuvchilarga ajratish orqali keltirib chiqariladi va bunda dastlabki ikkita xad bilan chegaralanadi.Shuni ta'kidlash lozimki,bu xolda olinadigan tenglamalar chiziqli bo'ladi va bunday yaqinlashishda chiziqli tebranishlar to'g'risida gapiriladi.Keyingi xadlarni oladigan bo'lsak chiziqli bog'lanishdan chetlanishlar xosil bo'ladi va bu xolda tebranish chiziqli bo'lmaydi.

Lagranj finktsiyasini 3-xadlar darajasida qatorga yoyaylik, bu xolda Lagranj funktsiyasi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$L = \frac{1}{2}\sum_{i,k}(m_{ik}x_i x_k - k_{ik}x_i x_k) + \frac{1}{2}\sum_{i,k,l} n_{1,k,l}x_i x_k x_l - \frac{1}{3}\sum_{i,k,l} l_{i,k,l}x_l x_k x_i \quad (1)$$

bu erda n, l - yangi moddiy koeffitsientlar, agarda ixtiyoriy x_i koordinatalardan normal $Q\ell$ koordinatalarga o'tsak, Lagranj funktsiyasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$L = \frac{1}{2}\sum(Q_l^2 - w_l Q_l^2) + \frac{1}{2}\sum_{l,p,\gamma}\lambda_{lp\gamma}Q_\ell Q_\beta Q_\gamma - \frac{1}{3}\sum_{l,\beta,\gamma}\mu_{l,\beta\gamma}Q_l Q_\beta Q_\gamma \quad (2)$$

Lagranj funktsiyasidan tenglamalarga o'tamiz:

$$Q_\ell + W_l Q_\ell = f_l(Q,Q,Q) \quad (3)$$

bu erda f_l - koordinatadan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli xosilalardir.ketma-ket yaqinlashishlar metodidan foydalansak tenglamani echimi:

$$Q_l = Q_l^1 + Q_l^2 \quad (4)$$

ko'rinishga keladi.Natijada biz bir jinsli differentsial tenglamalarni olamiz.Bu tenglamada sistemaning xususiy chastotalar yig'indisi va ayirmasiga mos xadlar paydo bo'ladi.Shu sababli tenglama echimini qidirishda quyidagi qo'shimcha chastotalarni e'tiborga olishga to'g'ri keladi:

$$W_l \pm W_\beta \quad (5)$$

Bu chastotalarga kombinatsion chastotalar deb ataladi.Bunday kombinatsion tebranishlar ampletudasi mos normal tebranishlar ampletudalar ko'paytmasiga teng bo'ladi.Xaqiqatdan xam, ikkinchi va undan yuqori yaqinlashishlarda asosiy chastotaning o'zgarishi paydo bo'ladi.Boshqacha qilib aytganda, potentsial energiyaning kvadratik ko'rinishi yuzaga keladi.Shu sababli ketma-ket yaqinlashishlar metodidan foydalaniladi.

Bu metodni qarab chiqish uchun Lagranj funktsiyasinis quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$L = \frac{mx^2}{2} - \frac{mw_0^2}{2}x^2 - \frac{ml}{3}x^3 - \frac{m\beta}{4}x^4 \quad (6)$$

Mos xarakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga keladi,

$$X + w_0^2 x = -lx^2 - \beta x^3 \quad (7)$$

tenglamaning echimini quyidagi ko'rinishda qidiramiz:

$x = x^1 + x_2 + x_3$

ya'ni

$$X^1 = a\cos wt \quad (8)$$

Birinchi echim quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.Ikkinchi echim esa birinchi echim bilan birgalikda aniqlanadi.Mos ravishda ikkinchi va uchinchi echimlar qo'yidagiga teng bo'ladi:

$$X^2 = -\frac{la^2}{2w_0^2} + \frac{la^2}{6w_0^2}\cos 2wt \qquad (9)$$

$$X^3 = \frac{a^3}{1bw_0^2}\left(\frac{l^2}{3w_0^2} + \frac{\beta}{2}\right)\cos 3wt \qquad (10)$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Chiziqli bo'lmagan xol uchun Lagranj tenglamasini yozing.
2. Ixtiyoriy koordinatadan normal koordinataga qanday o'tiladi?
3. Bir erkinlik darajasiga ega bo'lgan garmonik bo'lmagan tebranishlar uchun Lagranj funktsiyasini yozing.
4. Lagranj tenglamasini echimlarini tushuntiring.

2-asosiy savol: Chiziqli bo'lmagan tebranishlarda rezonans.

2-asosiy savolning maqsadi:
Chiziqli bo'lmagan tebranishlarda rezonansni o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Rezonans xodisasi uchun tenglamani yoza oladi ap echadi.
2. Rezonans chastotasi atrofidagi xodisalarni tushuntira oladi.
3. Garmonik bo'lgan tebranishlar bilan solishtira oladi.

2-asosiy savolning bayoni:

Garmonik bo'lmagan xadlarning etiborga olinishi rezonans xodisasidagi yangi xususiyatlarni o'rganishga olib keladi.Garmonik bo'lmagan tebranishlar uchun xarakat tenglamasini yozaylik:

$$X + 2\lambda x + w_0^2 x = \frac{f}{m}\cos\gamma t - lx^2 - \beta x^3 \qquad (11)$$

bu tenglamaga tashqi davriy kuchni ko'shamiz

$$x + W_0^2 x = -lx^2 - \beta\chi^3 \qquad (12)$$

bu xolda $\gamma = w_0 + \varepsilon$ bo'lsin.Ya'ni rezonans atrofida (11) tenglamani echamiz.Chiziqli yaqinlashishda b amplutuda, ya'ni majburiy tebranish ampletudasi.

Yamplutuda va tashqi kuch chastotasiga bog'liq bo'ladi:

$$b^2(\varepsilon^2 + \lambda^2) - f^2 / 4m^2 w_0^2 \qquad (13)$$

tebranishning chiziqli emasligi xususiy chastotaning amplutudaga quyidagi bog'liqligiga olib keladi:

$$w_0 + Hb^2 \qquad (14)$$

bu erda H doimiylik nagormoniklik koeffitsienti orqali aniqlanadi.Chastotadan $\varepsilon = \gamma - w_0$ kichik chetlanishlarni saqlagan xolda quyidagi tenglamani olamiz.

$$b^2\left[(\varepsilon - Hb^2)^2 + \lambda^2\right] = f^2 / 4m^2 w_0^2 \tag{15}$$

Bu tenglama ampletuda kvadratiga nisbatan kub tenglamadir.Uning echimlari majburiy tebranish ampletudalarini b aniqlaydi.Bu ampletudaning tashqi kuch chastotasiga bog'liqligini qarab chiqaylik: tashqi kuch amplutudasining kichik qiymatlarida ampletudani etiborga olmaslik xam mumkin.Tashqi kuch ampletudasi.Tashqi kuch ampletudasi ortadigan bo'lsa, dastlab ampletuda o'z xarakterini saqlab qoladi,keyinchalik esa katta chastotalar tomonga siljiydi.Ampletudaning maksimal qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$\varepsilon = Hb^2$

$$b_{\max} = f / 2muf\lambda \tag{16}$$

Tashqi kuch chastotasi xususiy chastotaning yarmiga teng bo'lsin $\gamma \approx w_0 / 2$ ya'ni $\gamma = w_0 / 2 + \varepsilon$ U xolda tenglamaning echimlari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$X^1 = -\frac{f}{3mw_0^2}\cos(2w_0 + \varepsilon)t \tag{17}$$

$$X^2 = b\cos\left[(w_0 + \frac{\varepsilon}{2})\right]t + \partial \tag{18}$$

Tenglamaning echimi umumiy xolda ampletuda uchun quyidagi ifodalarni beradi:

$$b = 0 \tag{19}$$

$$b^2 = \frac{1}{H}\left[\frac{\varepsilon^2}{2} + \sqrt{(\frac{lf}{6mw_0^2})^2 - \lambda}\right] \tag{20}$$

$$b^2 = \frac{1}{H}[\frac{\varepsilon}{2} - \sqrt{(\frac{lf}{6mw_0^2})^2 - \lambda^2}] \tag{21}$$

Amplitudaning ε ga bog'liqligi rasmda berilgan.V nuqtadan chap tomonda rezonans sodir bo'lmaydi.Tebranish chastotasi sistemaning xususiy chastotasiga teng bo'ladi.V va S nuqtalar orasida ikkita ildiz mavjud bo'ladi.Yuqori yaqinlashishlarda rezonans ixtiyoriy chastotada kuzatilishi mumkin.Lekin intensivlik unchalik katta bo'lmaydi va tez 0 gacha kamayishi mumkin.

Nazorat topshiriqliri.

1. Rezonans xodisasi deb qandey xodisaga aytiladi?
2. Chiziqli bo'lmagan tebranishlarda ampletuda nimaga bog'liq bo'ladi?
3. Xususiy tebranish sistemaning chastotasi atrofida qaysi xollarda rezonans kuzatiladi?

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Garmonik bo'lmagan tebranishlar.

(1) 112-116 betlar
(2) -
(3) 270-289 betlar

2.Chiziqli bo'lmagan tebranishlarda rezonans xodisasi.

(1) 116-123 betlar
(2) -
(3) 289-320 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

11- mavzu. Qattiq jism xarakati. Burchak tezlik. Inertsiya tenzori.

Asosiy savollar:

1. Burchak tezlik.Inertsiya momenti.
2. Inertsiya tenzori.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Moddiy nuqta	qattiq jism	qo'zg'almas sistema
Rotator	tenzor	qo'zg'alivchan sistema
Radius vektor	aylanish o'qi	ilgarilma xarakat
Burchak tezlik	inertsiya genzori	bosh inertsiya o'qlari
Inertsiya momenti	simmetrik pirildoq	erkinlik darajasi

1- asosiy savol: Burchak tezlik.

1- asosiy savolning maqsadi:

Xarakatning burchak kattaliklari bilan tanishish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Burchak tezlik burchak tezlanish ifodasini yoza oladi.
2. Qattiq jism xarakterlay oladi.
3. Ixtiyoriy sanoq sistemasiga nisbatan xarakat tenglamalari yoza oladi.

1- asosiy savolning bayoni:

Qattiq jism deganda oralaridagi masofa o'zgarmas sanaladigan moddiy nuqtalardan iborat sistema tushuniladi.Xaqiqatda tabiatda uchraydigan sistemalar bu shartni ma'lum yaqinlashishlardagina qanoatlantiradi. Ko'pchilik xollarda qattiq jismlarning shakli va o'lchamlari deyarli o'zgarmaydi.Shu sababli xarakat qonunlarini o'rganishda ularni bir butun jism sifatida qarash mumkin.Umuman olganda biz qattiq jismni zichligi tekis taqsimlangan xolda yaxlit jism sifatida qarashimiz mumkin.

Qattiq jismning xarakati xarakterlovchi ikkita koordinata sistemasi kiritamiz:

1. Qo'zg'almas
2. Qo'zg'aluvchan koordinata sistemasi.

Bu koordinata sistemasi qattiq jism bilan bog'langan bo'lib barcha xarakatlarda qatnashadi.Qo'zg'aluvchan koordinata sistemasining boshini inertsiya markaziga joylashtirish qulaydir.Qo'zg'aluvchan sistemaning boshini inertsiya markaziga joylashtirish qulaydir.Qo'zg'aluvchan sistemaning boshlang'ich paytdagi xolatini biror R radius vektor xarakterlaydi.Bunday sistema o'qlarining yo'nalishi oltita koordinata bilan xarakterlanadi. Boshqacha qilib aytganda qattiq jismni oltita erkinlik darajasiga ega bo'lgan mexanik sistema sifatida qarash mumkin.

Qattiq jismning ixtiyoriy kichik siljishini qarab chiqaylik. Uni ikki qismdan iborat deb qarash mumkin:

1. Jismning cheksiz kichiq parallel kuchi.Bunda yo'nalish o'zgarmaydi.
2. Inertsiyaning markazi atrofida kichik burilishi.

Qo'zg'almas sistemaga nisbatan radiuch vektor r bo'lsa, qo'zg'aluvchan o'qqa nisbatan radius vektor r^1 bilan belgilanadi.Bu xolda siljish quyidagicha topiladi:

$$dr^1 = dR + [d\varphi \cdot r]$$

Bu erda $d\varphi$ kichik siljish burchagi.Olingan ifodani vaqtga bo'lsak va tezliklarni kiritsak, u xolda tezlik va siljish orasidagi munosabatni topishimiz mumkin:

$$\frac{dr^1}{dt} = V \quad ; \quad \frac{dR}{dt} = V \; ; \quad \frac{d\varphi}{dt}\Omega \qquad (1)$$

$$V = V + [\Omega r] \qquad (2)$$

V vektor kattalik jism inertsiya markazining tezligi bo'lib ilgarilma xarakat tezligidir.Vektor esa qattiq jism aylanma xarakatining burchak tezligidir.Shunday qilib qo'zg'almas koordinata sistemasiga nisbatan qattiq ixtiyoriy nuqtasining tezligi ilgarilma va burchak kattaliklar orqali aniqlanishi mumkin.

Faraz qilaylik jism bilan bog'langan koordinata sistemasi inertsiya markazidan biror a masofada joylashgan bo'lsin.U xolda tezliklar quyidagicha aniqlanadi:

$$\upsilon = V + [\Omega a] + [\Omega r^1] \qquad (3)$$

Chiziqli va burchak tezliklarining ta'rifidan biz bu kattaliklar uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$V^1 = V + [\Omega a]; \Omega^1 = \Omega \qquad (4)$$

Ikkinchi tezlik muxim axamiyatga ega.Burchak tezlik qattiq jism bilan bog'langan sanoq sistemasiga xech aloqasi bo'lmagan xolda o'zgaradi.Bundan burchak tezligining chiziqli tezlikka nisbatan mustaqillik xarakteri kelib chiqadi.

Birinchi formuladan ko'rinadiki chiziqli va burchak tezliklar o'zaro perpendikulyar bo'lsa bu xol koordinata sistemasini tanlashga bog'liq bo'lmaydi.Doimo koordinata sistemasini shunday tanlash mumkinki chiziqli tezlik no'lga teng bo'ladi va qattiq jism faqat aylanma xarakat qiladi.

Nazorat topshiriqlari.

1. Qattiq jism deb qandey jismlarga aytiladi?
2. Inertsiya markazi nima?
3. Radius vektor nimani xarkterlaydi?
4. Burchak tezlik va chiziqli tezlik ifodasini aniqlang.

A. $\nu = W^2 R$ S. $V = \Omega R$

V. $\nu = WR$ D. $V = a^{2/} r$

2- asosiy savol: Inertsiya tenzori.

2- **asosiy savolning maqsadi:**

Inertsiya tenzorini va uning ahamiyati hamda o'rnini o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Sistemaning to'la energiyasini biladi.
2. Inertsiya momentini aniqlay oladi.
3. Inertsiya tenzorini yoza oladi va tushunadi.

2- asosiy savolning bayoni:

Sistema kinetik energiyasini aniqlashda qattiq jismni moddiy nuqtalarning diskret sistemasi sifatida qaraymiz.

$$T = \sum \frac{m\nu^2}{2} \qquad (5)$$

bu erda yig'indi barcha nuqtalar bo'yicha olingan.Chiziqli va burchak tezliklar orasidagi munosabatdan foydalansak, qo'yidagi ifoda kelib chiqadi

$$T = \sum \frac{m}{2}(V + [\Omega r])^2 = \sum \frac{m}{2} V^2 + \sum mv[\Omega r] + \sum \frac{m}{2}[\Omega r] \qquad (6)$$

V va Ω tezliklar barcha nuqtalari uchun bir xildir.Shu sababli birinchi xadni yig'indi belgisidan tashqariga chiqarish mumkin, $\sum m$ yig'indi jismning massasini beradi.Ikkinchi xadni quyidagicha yozamiz:

$$\sum mV[\Omega r] = \sum mr[V\Omega] = [V\Omega]\sum mr \qquad (7)$$

bu erdan ko'rinadiki koordinata sistemasining boshi inertsiya markaziga joylashtirilgan va $\sum mr$ bu xad no'lga teng bo'ladi.Uchinchi xadda vektor ko'paytmani ochib yozsak kinetik energiya quyidagicha ifodalanadi:

$$\sum m \frac{\mu V^2}{2} + \frac{1}{2}\sum m\{\Omega^2 r^2 - (\Omega r)^2\} \qquad (8)$$

shunday qilib, qattiq jismning kinetik energiyasi ikki qismdan iborat bo'ladi:
Birinchi xad massasi inertsiya markaziga to'plangan jismning kinetik energiyasi bo'lib u ilgarilma xarakatga mos keladi;
Ikkinchi xad inertsiya markazidan o'tuvqi o'q atrofida aylanma xarakat kinetik energiyasidir.Shuni ta'kidlash lozimki,bunday ikki qismga ajratish koordinata sistemasini inertsiya markaziga joylashtirgandagina kelib chiqadi.

Aylanma xarakat kinetik energiyasi tenzor belgilashda yozamiz:

$$T_{айл} = \frac{1}{2}\sum m\{\Omega_i^2 x_i^2 - \Omega_i x_i \Omega_k x_k\} = \frac{1}{2}\sum m\{\Omega_i \Omega_k \delta_{ik} x_i^2 - \Omega_i \Omega_k x_i x_k\} = \frac{1}{2}\Omega_i \Omega_k \sum m(x_l^2 \delta_{ik} - x_i x_k)$$

(9)

bu erda $\Omega_i = \delta_{ik}\Omega_k$ ayniyatdan foydalandik δ_{ik} birlik tenzordir.
Tenzor ifodasini kirinsak

$$J_{ik} = \sum m(x_i^2 \delta_{ik} - x_i x_k) \qquad (10)$$

Bu ifodadan foydalanib qattiq jism uchun Lagranj funktsiyasini yozamiz:

$$L = \frac{\mu V^2}{2} + \frac{1}{2} J_{ik}\Omega_i \Omega_k - u \qquad (11)$$

Potentsial energiya oltita o'zgaruvchining funktsiyasidir.
J_{ik} tenzorga inertsiya momenti yoki jismning inertsiya tenzori deb aytiladi.Aniqlanishiga ko'ra u simmetrikdir:

$$J_{ik} = J_{ik} \qquad (12)$$

Uning komponentlari quyidagi jadval ko'rinishida yozamiz:

$$J_{ik} = \begin{pmatrix} \sum m(y^2+z^2) & -\sum mxy & -\sum mxz \\ -\sum myz & \sum m(x^2+z^2) & -\sum myz \\ -\sum mzx & -\sum mzy & \sum m(x^2+y^2) \end{pmatrix} \qquad (13)$$

J_{xx}, J_{yy}, J_{zz} komponentlar mos o'qlarga nisbatan inertsiya momentlaridir.

Inertsiya tenzori idditiv funktsiyadir, ya'ni jismning inertsiya momenti uning qismlari inertsiya momentlarining yig'indisidan iboratdir.

Agar qattiq jismni yaxlit jism deb qarasak, u xolda yig'indini qattiq jismning xajmi bo'yicha olingan integral bilan almashtirish mumkin:

$$J_{ik} = \int \rho(x_\ell \delta_{ik} - x_i x_k)dV \qquad (14)$$

Barcha ikkinchi rangli simmetrik tenzorlar kabi inertsiya tenzorini xam mos x_1, x_2, x_3 o'qlar yo'nalishi bo'yicha diagonal ko'rinishga keltirish mumkin.Bu yo'nalishlarga asosiy inertsiya momentlari deyiladi, xamda ular quyidagicha belgilanadi:
O'qlarni bunday tanlashda aylanma xarakat kinetik energiyasini quyidagicha yozish mumkin:

$$T_{айл} = \frac{1}{2}(J_1\Omega_1^2 + J_2\Omega_2^2 + J_3\Omega_2^3) \qquad (15)$$

Shuni ta'kidlash lozimki, xar bir asosiy inertsiya momenti qolgan ikkitasining yig'indisidan katta bo'la olmaydi:

$$J_1 + J_2 = \sum m(x_1^2 + x_2^2 + 2x_3^2) \geq \sum m(x_1^2 + x_2^2) = J_3 \qquad (16)$$

Agarda ikkita inertsiya momenti teng bo'lsa bunday qattiq jismga simmetrik pirildoq deyiladi.Agarda uchula inertsiya momenti xam teng bo'lsa masala biroz soddalashadi va bu xolda shar pirildoq bilan ish ko'riladi.

Nazorat topshiriqlari.

1. Aylanma xarakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi ifodasini yozing.
2. Qattiq jism uchun Lagranj funktsiyasini yozing.
3. Inertsiya tenzori nima?
4. Asosiy inertsiya o'qlari deganda nimani tushunasiz?
5. l uzunligidagi sterjen uchun asosiy inertsiya momentlarini toping.
6. R radiusli shar uchun inertsiya momentini aniqlang.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1.Burchak tezlik
(1) 126-128 betlar
(2) -
(3) 338-348 betlar
2.Inertsiya tenzori.
(1) 126-138 betlar
(2) -
(3) 348-357 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

12- mavzu.Qattiq jismning impuls momenti. Xarakat tenglamasi

Asosiy savollar:

1. Impuls momenti. Kuch momenti.
2. Xarakat tenglamalari.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Inertsiya momenti	kuch momenti	"xususiy" moment
Inertsiya tenzori	pretsessiya	erkin aylanish
Kuch elkasi	burchak tezligi	inertsiya markazi
Impuls	kuchch impulsi	juft kuchlar

Differentsial radius vektor

1- **asosiy savol: Qattiq jismning impuls momenti.**

1- **asosiy savolning maqsadi:**
Qattiq jismning impuls momentini o'rganish

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Impuls momentini tushunadi.
2. Inertsiya tenzoridan foydalanib impuls momentini xisoblay oladi.
3. Sodda sistemalar inertsiya momentini xisoblay oladi.

1- **asosiy savolning bayoni:**

Sistema impuls momentini kattaligi u aniqlangan nuqtaga bog'liq bo'ladi. Qattiq jism mexanikasida bunday nuqtani eng qulay joylashtirish uni inertsiya markaziga joylashtirishdir. Agarda inertsiya markaziga koordinata boshini joylashtiradigan bo'lsak, qattiq jismning inertsiya momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$M = \sum m[r[\Omega r]] = \sum m\{r^2\Omega - r(r\Omega)\} \quad (1)$$

yoki tenzor kattaliklarda

$$M_i = \sum m\{x_l^2\Omega_i - x_i x_k\Omega\} = \Omega\sum m\{x_l{}^2\delta_{ik} - x_i x_k\} \quad (2)$$

Inertsiya tenzori ta'rifidan foydalarsak quyidagi natijaviy ifodani olamiz:

$$M_i = J_{ik}\Omega_k \quad (3)$$

Agarda x_1, x_2, x_3 o'qlar jismning asosiy inertsiya o'qlari bo'ylab yo'nalgan bo'lsa bu formula quyidagi ifodalarni beradi:

$$M_1 = J_1\Omega_1; \quad M_2 = J_2\Omega_2; \quad M_3 = J_3\Omega_3 \quad (4)$$

xususan shar pirildoq uchun quyidagi sodda ifodani olamiz:

$$M = J\Omega \quad (5)$$

ya'ni moment vektori burchak tezlikka proportsional bo'ladi.Umumiy xolda ixtiyoriy jism uchun M vektor burchak tezlie vektori bilan bir xil yo'nalishda bo'la olmaydi.

Biror tashqi ta'sirga uchramaydigan qattiq jismning erkin xarakatini qarab chiqaylik. Barcha berk sistemalardagi kabi bunday jismning erkin xarakatini qarab chiqaylik.Barcha berk sistemalardagi kabi bunday jismlarning impuls momenti doimiydir.Bu degan so'z jism doimiy o'q atrofida tekis aylanma xarakat qiladi.Ratator xolatini qarab chiqaylik.Bu erda xam $M = J\Omega$ bo'lib,burchak tezlik vektori ratator o'qiga perpendikulyar, shu sababli ratator erkin aylanishi bitta tekislik bo'ylab erkin xarakatdir. X_1va X_2 o'qlarini ixtiyoriy tanlab olsak X_3 o'qni M vektor tekisligiga perpendikulyar qilib tanlab olamiz.Bu xolda $M_2 = 0$ va mos ravishda $\Omega_i = 0$ bo'ladi.

Bu degan so'z impuls momenti va burchak tezlik bitta tekkislikda yotadi degan so'z.Burchak tezlik impuls mamenti va pirildoqning og'ish burchagiga bog'liq bo'ladi:

$$\Omega_3 = \frac{M_3}{J_3} = \frac{M}{J_3}\cos\Theta \qquad (6)$$

Pretsessiya tezligini topish uchun burchak tezlikni tashkil etivchilarga ajratamiz.U xolda pretsessiya tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Omega = M / J_1 \qquad (7)$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Impuls momentini yozing.
2. Erkin qattiq jism qanday xarakat qiladi.
3. Qanday sharoitda pirildoq vertikal o'q bo'yicha turg'un xarakat qiladi?

2- asosiy savol: Qattiq jismning xarakat tenglamasi.

3- asosiy savolning maqsadi:

Qattiq jismning xarakatini tasavvur qila bilish va harakat tenglamalari haqida tushuncha hosil qilish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Xarakat tenglamasini yoza oladi.
2. Ilgarilma xarakat uchun muvozanat shartini biladi.
3. Aylanma xarakat uchun muvozanat shartini ajrata oladi.
4. Nyuton qonunlarini biladi.

2- asosiy savolning bayoni:

Qattiq jism oltita erkinlik darajasiga ega bo'lganligi sabali xarakatni o'rganish uchun kamida oltita tenglama kerak bo'ladi.Bu tenglamalarni jismlarning impulsi va momentning xosilalari qo'rinishida tasvirlash mumkin.Birinchi tenglamalar $\rho = f$ tenglamalarni, ya'ni qattiq jismni tashkil etuvchi barcha nuqtalarning xarakat tenglamalarini yig'ib chiqish orqali aniqlanadi.Jismning to'la impulsi va unga ta'sir qiluvchi kuch ifodalaridan foydalansak

$$\rho = \sum P = \mu V \qquad (1)$$

quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{dP}{dt} = F \qquad (2)$$

Biz F kuchni xabar bir zarrachaga ta'sir qiluvchi f kuchlar yig'indisi deb qaragan bo'lsakda, amalda F kuch tashqi jismlar tomonidan ta'sir qiluvchi kuchdir.Barcha zarrachalar ustasidan ta'sir kuchi o'zaro qisqaradi va xuddi berk sistemadagi kabi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi no'lga teng bo'ladi.

Agarda u - jismning tashqi maydondagi potentsial inergiyasi bo'lsa, u xolda bu energiyani jismning inertsiya markazi koordinatalari bo'yicha differentsiallab kuchni topamiz:

$$F = -\frac{\partial u}{\partial R} \tag{3}$$

Xaqiqatdan xam jism biror δR ga siljisa potentsial

$$\delta u = \sum \frac{\partial u}{\partial u}\delta r = \delta R \sum \frac{\partial u}{\partial r} = -\delta R \sum f = -F\delta R \tag{4}$$

Bunday sistema uchun xarakat tenglamalari, ya'ni Lagranj tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial V} = \frac{\partial L}{\partial R}; \qquad \frac{\partial L}{\partial V} = P; \qquad \frac{\partial L}{\partial R} = -\frac{\partial u}{\partial R} = F \tag{5}$$

Ikkinchi tenglamalarni olish uchun esa impuls momentini vaqt bo'yicha differentsiallaymiz:

$$M = \frac{d}{dt}\sum[rp] = \sum[rp] + \sum[r\rho] \tag{6}$$

Sanoq sistemasini tanlashimizga bog'liq ravishda r berilgan vaqt momentida tezlik bilan ustma- ust tushadi.Tezlik va impuls bir xil yo'nalishga ega bo'lganligi sababli ularning vektor ko'paytmasi no'lga teng bo'ladi.Impulsni kuch bilan almashtirsak quyidagi ifodani olimiz:

$$\frac{dM}{dt} = K \tag{7}$$

$$K = \sum[rf] \tag{8}$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Tashqi maydonda ta'sir qilayotgan kuch ifodasini yozing.
2. Lagranj tenglamalarini yozining.
3. Kuch momenti nima?
4. Kuch momentining saqlanish qonunini yozing.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Impuls momenti.

(1) 138-140 betlar
(2) -
(3) 340-348 betlar

2.Kuch momenti.Xarakat tenglamalari

(1) 140-143 betlar
(2) -
(3) 348-357 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

13-mavzu.Eyler burchaklari.Eyler tenglamalari.

Asosiy savollar:

1. Eyler burchaklariga bo’lgan zaruriyat.
2. Eyler tenglamalari.

Mavzuga oid tayanch so’z va iboralar:

Koordinata	inertsiya markazi	burchak tezlanish
Tugunlar	tugun chizig’i	o’zgarish tezligi
Eyler burchaklari	vektor proektsiyasi	berk kontur
Kuch momenti	davriy funktsiyalar	burchak tezlik

1- asosiy savol: Eyler burchaklariga bo’lgan zaruriyat.

1- asosiy savolning maqsadi:
Eyler burchaklarining zaruriyatini tushuntirish.

Identiv o’quv maqsadlari:

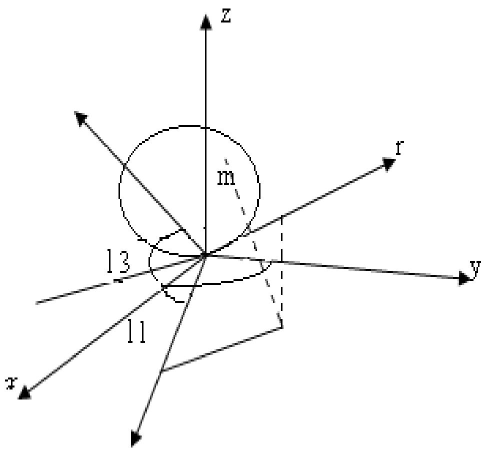
1. Eyler burchaklarini biladi.
2. Ixtiyoriy jism uchun qo’zg’almas o’qqa nisbatan Eyler burchaklarini aniqlay oladi.
3. Eyler burchaklaridan foydalanib inertsiya momentini yoza oladi.

1- asosiy savolning bayoni:

Xarakat davomida jismning bir nuqtasi qo’zg’almas qolaversa, bunday xarakat qo’zg’almas nuqta atrofidagi aylanma xarakat yoki sferik xarakat deyiladi.

Bu xarakatni sferik deyilishiga sabab jismning barcha nuqtalari markazlari qo’zg’almas nuqtada bo’lgan, raiuslari esa shu nuqtalardan qo’zg’almas nuqtagacha bo’lgan masofalarga teng bo’lgan sferalar bo’ylab xarakat qiladi.

Sferik xarakat qiluvchi jismlarning qo’zg’almas nuqtasini qo’zg’almas $Oxyz$ koordinatalar sistemasining boshi sifatida qabul qilib, jismning ushbu sistemaga nisbatan xarakatini tekshiramiz.Buning uchun boshi $Oxyz$ koordinatalar sistemasining boshidabo’lgan xamda jism bilan bog’langan qo’zg’aluvchi $O\xi\eta b$ koordinatalar sistemasini kiritamiz.



Ravshanki, agar qo’zg’aluvchi sistemani qo’zg’almas sistemaga nisbatan xarakati aniqlansa, jismning xam qo’zg’almas sistemaga nisbatan xarakati aniqlangan bo’ladi.Xaqiqatdan xam sferik xarakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasining qo’zg’aluvchan koordinatalar sistemasidagi koordinatalari $\xi_1;\ r$ va ξ bo’lsin.

Bu koordinatalar jism xarakati davomida qo’zg’aluvchi sistemaga nisbatan o’zgarmaydi.Qo’zg’aluvchi sistema xar bir o’qining qo’zg’almas sistemaga xarakati uning bu sistema o’qlari bilan xosil qilgan uchta burchagining vaqt funktsiyasi sifatida berilishi bilan aniqlanadi.

Binobarin $O\varepsilon\eta b$ sistemaning $Oxyz$ sistemaga nisbatan xarakati to’qqista burchakning berilishi bilan aniqlanadi. Agar mazkur to’qqista burchak berilgan bo’lsa M nuqtaning $Oxyz$ sistemadagi xarakati ortogonal koordinatalar sistemasini almashtirish formulasiga asosan

$$x = \xi \cos l_1 + r\cos l_1 + \varepsilon \cos l_3$$
$$y = \xi \cos\beta_1 + r\cos\beta_2 + \varepsilon\cos\beta_3$$
$$z = \xi\cos\gamma_1 + r\cos\gamma_2 + \varepsilon\cos\nu_3$$

tenglamalar orqali topiladi.Bu erda $\xi r\varepsilon$ o’qlarining Ox o’qi bilan tashkil qilgan burchaklari ι_i, O_y xosil qilgan burchaklari $\beta_i ba$ Oz o’qi bilan xosil qilgan burchaklari γ_i orqali belgilangan.Bu to’qqista burchak qo’yidagi olti munosabat bilan bog’langandir.

$$\cos^2\iota_i + \cos^2\beta_1 + \cos^2\gamma_1 = 1$$
$$\cos^2\iota_2 + \cos^2\beta_2 + \cos^2\gamma_2 = 1$$
$$\cos^2\iota_3 + \cos^2\beta_3 + \cos^2\gamma_3 = 1$$
$$\cos^2\iota_1 + \cos\iota_2 + \cos\beta;\cos\beta_2 + \cos\gamma_1\cos\gamma_2 = 0 \qquad (1)$$
$$\cos\iota_1\cdot\cos\iota_3 + \cos\gamma_1\cos\gamma_3 + \cos\beta_1\cdot\cos\rho_3 = 0$$
$$\cos\iota_2\cdot\cos\iota_3 + \cos\beta_2\cos\beta_3 + \cos\gamma_2\cdot\cos\gamma_3 = 0$$

Demak,qo’zg’aluvchan sistemaning qo’zg’almas sistemaga nisbatan xarakati bir-biriga bog’liq bo’lmagan uchta burchakning o’zgarish qonuni berish bilan to’la aniqlash mumkin ekan.Qolgan oltita burchak esa (1) munosabatlardan aniqlanadi.Shu nuqtayi nazardan sferik xarakat qiluvchi jismning erkinlik darajasi 3 ga teng deyiladi.Lekin qaralayotgan to’qqizta burchakning uchtasini bilgan xolda qolgan oltitasini birinchi munosabatdan aniqlash murakkab masala.Masalani osonlashtirish uchun bu uchta bir- biriga bog’liq bo’lmagan burchak uchun koordinatalar o’qlari orasidagi burchaklardan uchtasini olmay,Eyler tomonidan tavsiya etilgan boshqa burchaklarni olish qulaydir.Eyler burchaklari deb ataluvchi bu burchaklar orqali yuqorida aytilgan to’qqista burchakni osonlikcha ifodalash mumkin.Eyler burchaklari yordamida jismning ixtiyoriy sferik xarakatining koordinatalar orqali aniqlash mumkin bo’ladi.Eyler burchaklarining zaruriyati xam mana shundan iborat.

Nazorat topshiriqlari.

1. Sferik xarakat deb qanday xarakatga aytiladi?
2. Jismning erkinlik darajasi nimaga teng?
3. Jismning erkinlik darajasi nima uchun uchga teng deyiladi?
4. Eyler burchaklarining vazifasi nimalardan iborat?

2- **asosiy savol: Eyler tenglamalari.**

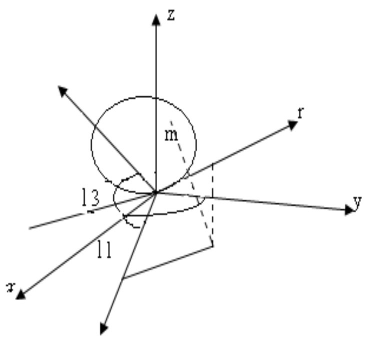
3- **asosiy savolning maqsadi:**
Eyler tenglamalarini tushuntirish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Eyler tenglamalarini yoza oladi.
2. Eyler tenglamalari yordamida xarakat parametrlarini aniqlay oladi.
3. Eyler tenglamalarini qo'llay oladi.

2- **asosiy savolning bayoni:**

Yuqoridagi rasmda tekislik bilan ko'zg'almas tekislik kesishgan chiziqni orqali belgilaylik.



Bu chiziq tugunlar chizig'i deyiladi.Eyler burchaklari qo'yidagicha olinadi: 1) $(Ox,OL)=\Psi$ 2)$(OzO\xi)=\Theta$ 3)$(OL,O\xi)=\gamma$ Ψ - progressiya burchagi, Θ - nutatsiya burchagi, γ - sof aylanish burchagi deyiladi.

Eyler burchaklari tekisliklariga tegishlicha perpendikulyar bo'lgan Oz,OL Xuqlarning uchidan qaraganda φ,Θ,Ψ burchaklarining mos ravishda Ox,Oz,OL o'qlardan boshlab o'zgarishi soat strelkasi aylanishiga teskari ko'rinadigan yo'nalish musbat yo'nalish deb olinadi.Jismning xarakati davomida u bilan bog'langan qo'zg'aluvchi sistema xam xarakat qilib, Ψ,Θ va φ burchaklar vaqt funktsiyasi sifatida o'zgaradi:

$$\Psi=\Psi(t)$$
$$\Theta=\Theta(t)$$
$$\varphi=\varphi(t)$$

Tenglamalar jismning sferik xarakati tenglamalari deyiladi.Qo'zg'almas nuqtaga ega bo'lgan jismning chekli vaqt ichida kuchgandan keyingi xolati $O\xi r\xi$ koordinatalar sistemasi bilan aniqlansin,boshlang'ich paytda bu qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasi qo'zg'almas $Oxyz$ sistema bilan uchtma – ust tushgan bo'lsin. $O\xi r\xi$ sistemaning boshlang'ich paytdan keyingi xolatga o'tishini quyidagicha bajarish mumkin: $O\xi r\xi$ sistemani Oz o'q atrofida sosat strelkasi aylanishiga teskari yo'nalishda Ψ burchakka aylantirsak, u xolatni egallaydi, keyin OLL,z ni OL o'q atrofida Θ burchak ko'rsatilgan yo'nalish bo'yicha aylantirib $OLL_2\varepsilon$ xolatga o'tkazamiz va nixoyat,$OLL_2\varepsilon$ ni $O\varepsilon$
o'q atrofida φ burchakka qo'rsatilgan yo'nalish bo'yicha burchak, u xolatga o'tadi.Demak,qattiq jismning ko'zg'almas nuqta atrofidagi ixtiyoriy ko'chishini

shu qo'zg'almas nuqtadan o'tuvchi uchta: $Oz, OL, O\xi$ o'qlar atrofida ketma-ket uchta aylantirish bilan bajarish mumkin ekan, bu Eyler teoremasini ifodalaydi.

Biror A vektorning qo'zg'almas o'qqa nisbatan o'zgarish tezligi dA/dt bo'lsin.Agarda aylanuvchi sistemaga nisbatan A vektor o'zgarmasa u xolda qo'zg'almas o'qqa nisbatan o'zgarish faqatgina aylanish bilan xarakterlanadi:

$$\frac{dA}{dt} = [\Omega A] \tag{2}$$

Umumiy xolda, tenglikning o'ng tomoniga A vektorning xarakterlanuvchi sistemaga nisbatan o'zgarish tezligi ko'shiladi. Bu tezlikni dA^1/dt belgilasak

$$\frac{dA}{dt} = \frac{d^1A}{dt} + [\Omega A] \tag{3}$$

ifodani olamiz.Bu formula yordamida qo'yidagi tenglamalarni olish mumkin.

$$\left(\frac{d^1P}{dt}\right)_1 = \frac{dP_1}{dt},........,\left(\frac{d^1M}{dt}\right)_1 = \frac{dM_1}{dt},............. \tag{4}$$

Diferentsiallash qo'zg'aluvchan koordinata sistemasida vaqt bo'yicha amalga oshirilgan tufayli biz tenglamani bu sistemaning o'qlariga proektsiyasini olish mumkin.Buning uchun quyidagicha yozamiz:

$$\frac{d^1P}{dt} + [\Omega P] = F; \qquad \frac{d^1M}{dt} + [\Omega M] = K \tag{5}$$

Agarda tenglamada P ni μV bilan almashtirsak qo'yidagi tenglamalarni olamiz:

$$\begin{aligned} &\mu(\frac{dV_1}{dt} + \Omega_2 V_3 - \Omega_3 V_2) = F_1 \\ &\mu(\frac{dV_2}{dt} + \Omega_3 V_1 - \Omega_1 V_3) = F_2 \\ &\mu(\frac{dV_3}{dt} + \Omega_1 V_2 - \Omega_2 V_1) = F_3 \end{aligned} \tag{6}$$

O'qlar asosiy inertsiya o'qlari bo'yicha tanlangan deb xisoblasak va impuls momentini $M_1 = J_1\Omega$ ga teng deb olsak quyidagi tenglamalar kelib chiqadi:

$$\begin{aligned} &J_1\frac{d\Omega_1}{dt} + (J_3 - J_2)\Omega_2\Omega_3 = K_1 \\ &J_2\frac{d\Omega_2}{dt} + (J_1 - J_3)\Omega_3\Omega_1 = K_2 \\ &J_3\frac{d\Omega_3}{dt} + (J_2 - J_1)\Omega_1\Omega_2 = K_3 \end{aligned} \tag{7}$$

Bu tenglamaga Eyler tenglamalari deyiladi. Erkin aylanish uchun $K = O$, Eyler tenglamalari quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} &\frac{d\Omega_1}{dt} + \frac{J_3 - J_2}{J_1}\Omega_2\Omega_3 = 0 \\ &\frac{d\Omega_2}{dt} + \frac{J_1 - J_3}{J_2}\Omega_3\Omega_1 = 0 \\ &\frac{d\Omega_3}{dt} + \frac{J_2 - J_1}{J_3}\Omega_1\Omega_2 = 0 \end{aligned} \tag{8}$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Eyler burchaklari nima uchun kerak?
2. Eyler tenglamalarini yozing.
3. Qattiq jismning xarakat tenglamalarini aniqlang.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Eyler burchaklari.

(1) 143-148 betlar
(2) -
(3) 367-374 betlar

2.Eyler tenglamalari

(1) 148-158 betlar
(2) -
(3) 374-380 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. ukituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

14- mavzu.Qattiq jismlarning muvozanat shartlari.Bog'lanishlar.

Asosiy savollar:

1. Qattiq jismlarning muvozanatda bo'lish shartlari.
2. Bog'lanish tenglamalari.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Muvozanat radius-vektor bog'lanish tenglamalari
Reaktsiya kuchlari ishqalanish absolyut silliqlik
Dissipativlik "g'adir-budurlik" golomon bog'lanishlar
Birlik vektor Dalamber printsipi
golomon bo'lmagan bog'lanishlar

1- asosiy savol:Muvozanat shartlari.

1- asosiy savolning maqsadi:
Muvozanat shartlarini qo'rib chiqish.

Identiv o'qo'v maqsadlari:

1. Muvozanat shartlarini biladi.
2. Reaktsiya kuchlarini topa oladi.
3. Ishqalanish kuchini topa oladi.

1- **asosiy savolning bayoni:**

Xarakat tenglamalaridan ko'rinadiki qattiq jismning muvozanatda bo'lishi uchun unga ta'sir qilayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi va to'la kuch momenti no'lga teng bo'lishi kerak.

$$F = \sum f = 0$$
$$K = \sum[\eta f] = 0$$

Bu erda yig'indi jismga ko'yilgan barcha tashqi kuchlar bo'yicha amalga oshiriladi.

- radius vektor kuch qo'yilgan vektorga nisbatan olingan moment aniqlanadigan nuqta ixtiyoriy olingan.Kuch no'lga teng bo'lganda kuch momenti sanoq sistemasining tanlanishiga bog'liq bo'lmaydi.Agarda jismlar bir- biriga tegib turgan bo'lsa u xolda xar biri uchun aloxida muvozanat sharti bajarilishi kerak bu xolda tegish nuqtasiga ta'sir qiluvchi kuchlar xam xisobga olinishi kerak.Bunday kuchlarga reaktsiya kuchlari deyiladi.Shuni ta'kidlash lozimki, ikkita o'zaro tegib turgan jismlarning reaktsiya kuchlari son qiymati jixatdan teng va qarama- qarshi yo'nalgan.

Umumiy xolda reaktsiya kuchlarining kattaliklari va yo'nalishlari barcha jismlar uchun (1) tenglamani echish orqali aniqlanishi mumkin.Ko'pchilik xollarda reaktsiya kuchlarining yo'nalishi masalaning shartida beriladi.Agarda ikkita jism bir-birining sirtida erkin xarakatlanayotgan jismlarda reaktsiya kuchlari sirtga normal bo'ylab yo'nalgan bo'ladi.Bir-biriga nisbatan tegib xarakatlanayotgan jismlarda reaktsiya kuchlaridan tashqari dissipativ xarakterdagi kuchlar xam ta'sir qiladi.Bunday kuchlarga ishqalanish kuchlari kiradi.Ikki xil kuchlarni ajratish mumkin.Sirpanish va dumalash, ishqalanish kuchlari.Sirpanish xolda reaktsiya kuchlari sirtga perpendikulyar yo'nalgan. Ishqalanish kuchlari esa urinma bo'ylab yo'nalgan. Sof dumalash shu bilan xarakterlanadiki tegish nuqtasida nisbiy xarakat yo'q.Boshqacha qilib aytganda dumalayotgan jism tegish nuqtasiga qotirib qo'yilgancha o'xshaydi.Ishqalanish bu xolda dumalanishga qarshilik qiluvchi qo'shimcha moment sifatida yuzaga keladi.

Agarda sirpanish ishqalanishi etarlicha kichik bo'lsa bunday sirtga absolyut silliq sirt deb ataladi.Agarda demalanish ishqalanish kuchi etarlicha kichik bo'lsa sir obsolyut notekis sirt deb ataladi.

Nazorat topshiriqlari.

1G'.Muvozanat xolati uchun xarakat tenglamalarini yozing.

1. Reaktsiya kuchlari nima?
2. Qanday kuchlarga dissipativ kuchlar deyiladi?
3. Ishqalanish kuchlari qanday yo'nalgan?

2- **asosiy savol:Bog'lanish tenglamalari.**

2- asosiy savolning maqsadi:

Bog'lanish tenglamalarini o'rganish.
Identiv o'quv maqsadlari.

1. Bog'lanish tenglamalarini keltirib chiqara oladi.
2. Lagranj metodidan foydalanibektremum shartini yoza oladi.
3. Dalamber printsipini tushunadi.

3- asosiy savolning bayoni:

Jismning bir-biriga tegib turishi ularning erkinlik darajasini kamaytiradi.Shu paytgacha biz bunday masalalarni echishja real erkinlik darajasiga mos koordinatalarni kiritgan edik.Jismlarning dumalashida esa bu ishni amalga oshira olmaymiz.

Jismlarning dumalashidagi xarakatiga qo'yiladigan shart tegish nuqtasida tezliklarning teng bo'lishi yoki xususan 0 bo'lishidir.Umumiy xolda bu shart bog'lanish tenglamalari orqali aniqlanadi:

$$\sum_i c_{\iota i} q_i = 0 \qquad (2)$$

Bu erda $C_{\iota i}$ - faqatgina koordinata funktsiyasidir.Chap tomonning tengligi biror koordinata funktsiyasining to'la differentsialini beradi va bunday tenglamalarni integrallab bo'lmaydi.Bunday bog'lanishlarga golonom bo'lmagan bog'lanishlar deyiladi.aksincha golonom bog'lanishlarda faqatgina koordinata sistemalarigina bog'langan edi.Golonom bo'lmagan bog'lanishlar tenglamalarida koordinatalar sonini kamaytirishda foydalanib bo'lmaydi.Bog'lanish tenglamalarini mavjudligi koordinata variatsiyasiga olib keladi.Bu tenglamalarni δt ga ko'paytirib quyidagi bog'lanishlarni olamiz:

$$\sum_i C_{\iota i} \delta q_i = 0 \qquad (3)$$

Lagranj metodidan foydalansak eng qisqa ta'sir printsipi quyidagicha yoziladi:

$$\delta S = \int \sum_i \delta q_i \left(\frac{\partial L}{\partial q_i} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial q_i} \right) dt \qquad (4)$$

Bu ifodadan foydalanib xarakat tenglamalarini keltirib chiqarish mumkin.

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial q_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \sum_\iota \lambda_\iota C_{\iota i} \qquad (5)$$

Bayon qilanayotgan metodda reaktsiya kuchlari kirmaydi.Jismlarning o'zaro tegib turishi to'laligicha bog'lanish tenglamalari orqali kiritiladi.Boshqa metodlar mavjudki, bu metodlarda reaktsiya kuchlari xarakat tenglamalarida oshkora beriladi.(Dalamber printsipi)

Bu metodning mazmuni shundan iboratki, xar bir tegib turgan jism uchun quyidagi tenglamalar yoziladi:

$$\frac{dP}{dt} = \sum F; \frac{dM}{dt} = \sum [\eta f] \qquad (6)$$

Olingan ifodadan f kuch tarkibiga reaktsiya kuchlari xam kiradi.Bu kuchlar oldindan ma'lum emas va xarakat tenglamalarini echish davomida keltirib chiqariladi.Ushbu metod golonom va galonom bo'lmagan bog'lanishlar uchun xam urinlidir.

Nazarat topshiriqlari.

1. Bog'lanish tenglamalarini yozing?
2. Xarakt tenglamalarini aniqlang?
3. Dalamber printsipini tushuntiring?
4. Dalamber printsipidan foydalanib tashqi kuch ta'sirida tekislikda xarakatlanayotgan bir-jinsli sharning xarakat tenglamasini toping.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1.Qattiq jismlarning muvozanatda bo'lish shartlari.
(1) 158-160 betlar
(2)
(3) 379-382 betlar
2.Bog'lanish tenglamalari
(1) 160-163 betlar
(2)
(3) 382-385 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. o'qituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

Inersiya momentini topish.

$J_0 = \sum m_k r_k^2$; $J_0 = \sum m_k (x_k^2 + y_k^2 + z_k^2)$; $J_x + J_y + J_z = 2J_0$;

$J_x = \sum m_k (y_k^2 + z_k^2)$; $J_y = \sum m_k (x_k^2 + z_k^2)$; $J_z = \sum m_k (x_k^2 + y_k^2)$;

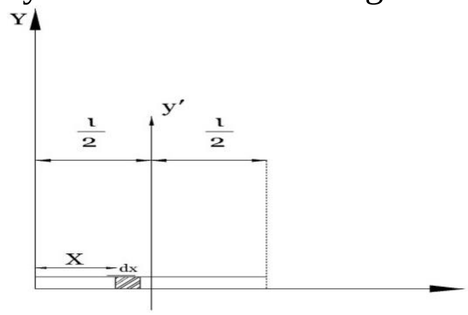
$J_z = \int r^2\, dm$; $dm = \rho dV$; $J_z = \rho \int r^2\, dV$; $J_z = \rho_1 \int r^2\, dS$;

$J_z = \rho_2 \int r^2\, dl$; $J_z = M\rho_u^2 \Rightarrow \rho_u = \sqrt{\frac{J_z}{M}}$ inersiya radiusi.

$J_z = J_{Cz} + Md^2$

1-masala

Bir jinsli sterjenning inertsiya momentini hisoblang.



63-rasm

Yechish:

$dm = \rho_2 dx$; $J_z = \rho_2 \int r^2\, dl$ dan foydalansak

$J_y = \rho_2 \int_0^l x^2\, dx = \rho_2 \frac{x^3}{3} {}^{l}/_{0} = \rho_2 \frac{l^3}{3}$; $M = \rho_2 l$ bo'lsa $J_y = \frac{Ml^2}{3}$

$$J_{y\prime} = J_y - Md^2 = \frac{Ml^2}{3} - \frac{Ml^2}{4} = \frac{Ml^2}{12}\ ;\ J_{y'} = \frac{Ml^2}{12}$$

2-masala

Ingichka doiraviy xalqaning inersiya momentini hisoblang.

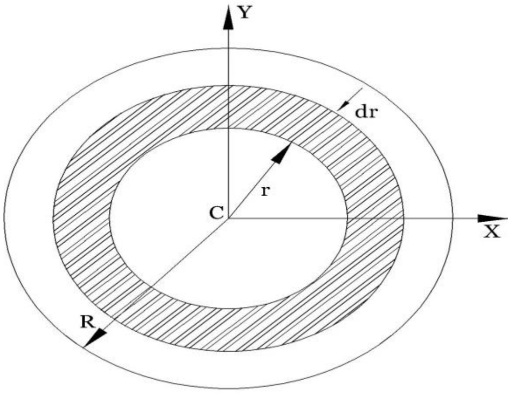
Yechish:

Massasi M ,radiusi R bo'lgan ingichka xalqa markazidanuning yuzasiga tik o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momentini topadigan bo'lsak uning barcha nuqtalarining markazidan bir xil masofada yotganligini inobatga olsak

$J_{Cz} = \sum m_k R^2 = R^2 \sum m_k = MR^2$ demak $J_{Cz} = MR^2$

3-masala

Bir jinsli doiraviy plastinkaning uning markazidan o'tayotgan o'qqa nisbatan inersiya momentini hisoblang. Massasi –M , radiusi-R



64-rasm

Yechish:

Radiuslar r va rQdr bo'lgan aylanalar orasidagi doiraviy elementar xalqani olamiz. Uning yuzi $2\pi r dr$ massasi $dm = 2\pi r \rho_1 dr$ u holda

$$dJ_{Cz} = r^2 dm = 2\pi\rho_1 r^3 dr\ ;\ J_{Cz} = 2\pi\rho_1 \int_0^R r^3 dr = 2\pi\rho_1 \frac{r^3}{4} {}^{R}/_{0} =$$

$= 2\pi\rho_1 \frac{R^3}{4} = \pi\rho_1 \frac{R^3}{2}$ bunda $\pi\rho_1 R^3 = M$ bo'lgani uchun $J_{Cz} = \frac{1}{2} MR^2$

$J_{Cx} + J_{Cy} = J_{Cz}$; disk uchun $J_{Cx} = J_{Cy}$ bo'lgani uchun

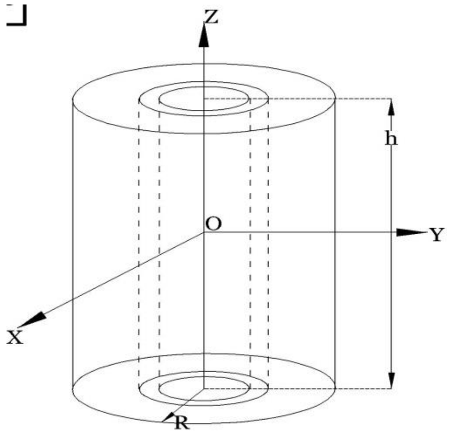
$$J_{Cx} = J_{Cy} = \frac{J_{Cz}}{2} = \frac{1}{4} MR^2\ ;$$

Plastinkaning chekkasiga tik holda o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti esa

$$J_z = J_{Cz} + Md^2 = \frac{1}{2} MR^2 + \frac{1}{4} MR^2 = \frac{3}{4} MR^2$$

4-masala

Bir jinsli to'g'ri doiraviy silindrning inersiya momentini hisoblang. Balandligi- h , radiusi-R , zichligi-ρ.



65-rasm

Yechish:

$$J_x = \int (y_k^2 + z_k^2)\, dm\, ;\; J_y = \int (x_k^2 + z_k^2)\, dm\, ;\; J_z = \int (x_k^2 + y_k^2)\, dm\, ;$$

Avvalo OZ ga nisbatan inersiya momentini topamiz. Elementar massa sifatida radiusilari $r(r < R)$ va $r + dr$ bo'lgan silindrlar orasidagi massani olamiz.

$dV = 2\pi r dr * h \;\Rightarrow dm = 2\pi r\rho h dr$

U holda

$$J_z = \int r^2\, dm = 2\pi\rho h \int_0^R r^3\, dr = \frac{\pi\rho h R^4}{2}$$

Silindr massasi $M = \pi\rho R^2 h$ bo'lgani uchun $J_z = \frac{1}{2} M R^2$;

5-masala

Bir jinsli sharning inersiya momentini hisoblang. Radiusi- R , massasi- M , zichligi-ρ.

Yechish:

Avvalo sharning markaziga nisbatan qutbiy inersiya momentini ko'rib chiqamiz. Elementar massa sifatida radiuslari r va rQdr bo'lgan konsentirik sferalar orasidagi hajm massasi olinadi. Uning hajmi $dV = 4\pi r^2 dr$ massai esa

$dm = \rho dV = \rho 4\pi r^2 dr$ bo'ladi.

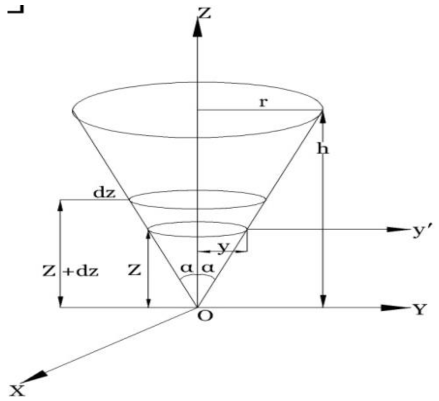
$$J_q = \int r^2\, dm = 4\pi\rho \int_0^R r^4\, dr = \frac{4\pi\rho R^5}{5}$$

Shar massasi $M = \frac{4}{3}\pi\rho R^3$ bo'lgani uchun $J_q = \frac{3}{5} M R^2$. Sharning diametriga nisbatan nisbatan simmetrikligini inobatga olsak $J_q = \frac{J_x + J_y + J_z}{2}$;

$$J_x = J_y = J_z = \frac{2}{3} J_q = \frac{2}{3} * \frac{3}{5} M R^2 = \frac{2}{5} M R^2$$

6-masala

Bir jinsli konusning inersiya momentini hisoblang.



66-rasm

Yechish:

OXY ga parallel bo'lgan ya'ni bir tekislik bilan kesamiz y z va zQdz yuzalarni kesadi shu bo'lakning inersiya momentini topamiz.

$$dV = \pi y^2 dz\,; dm = \rho dV = \rho\pi y^2 dz\ ; dJ_z = \frac{dmy^2}{2} = \frac{\rho\pi y^4}{2} dz$$

Silindrning inersiya momenti kabi topiladi.

$$y = ztg\alpha\,;\ dJ_z = \frac{\rho\pi tg^4\alpha}{2} z^4 dz\,;$$

$$J_z = \int dJ_z = \int_0^h \frac{\rho\pi tg^4\alpha}{2} z^4 dz = \frac{\rho\pi}{10} h^5 tg^4\alpha\ \Rightarrow$$

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h = \frac{1}{3}\pi r^3 tg\alpha\,; M = \rho V = \rho\frac{1}{3}\pi r^3 tg\alpha\,; J_z = \frac{3}{10} M r^2$$

$$\left(\frac{r}{h} = tg\alpha\ \Rightarrow r = htg\alpha\right) \Rightarrow \frac{\rho\pi}{10} h^3 tg^3\alpha h^2 tg\alpha = \frac{\rho\pi}{10} r^3 h^2 tg\alpha \Rightarrow$$

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h = \frac{1}{3}\pi r^2 \frac{r}{tg\alpha} = \frac{1}{3}\pi r^3 \frac{1}{tg\alpha}\ \ ;\ M = \frac{1}{3}\rho\pi r^3 \frac{1}{tg\alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3}\rho\pi r^3 \frac{1}{tg\alpha} * \frac{3}{10} h^2 tg^2\alpha = \frac{3}{10} M\, h^2 tg^2\alpha = \frac{3}{10} M r^2$$

$J_x = J_y$ ni J_y toppish ajratilgan silindrga og'irlik markazidan y' ni o'tkazamiz. Endi disk uchun uning yuza tekisligida yotgan o'q uchun inersiya momentining $dJ_{y'} = \frac{dmy^2}{4}$ ga tengligidan Shteyner teoremasini qo'llab topamiz.

$dJ_y = J_{y'} + dmz^2 = dm\left(\frac{y^2}{4} + z^2\right); dm = \rho\pi y^2 dz$ dan foydalanib

$$dJ_y = \rho\pi y^2 \left(\frac{y^2}{4} + z^2\right) dz = \rho\pi tg^2\alpha\left(1 + \frac{tg^2\alpha}{4}\right) z^4 dz;$$

$$J_y = \int dJ_y = \int_0^h \rho\pi tg^2\alpha\left(1 + \frac{tg^2\alpha}{4}\right) z^4 dz = \frac{\rho\pi h^5}{5} tg^2\alpha\left(1 + \frac{tg^2\alpha}{4}\right) \Rightarrow$$

$$\left(M = \frac{1}{3}\rho\pi r^2 h\,;\ \frac{r}{h} = tg\alpha\right) \Rightarrow \frac{\rho\pi r^5}{5tg^5\alpha}\left(tg^2\alpha + \frac{tg^4\alpha}{4}\right) =$$

$$= \frac{\rho\pi r^5}{5}\left(\frac{1}{tg^3\alpha} + \frac{1}{4tg\alpha}\right) = \frac{\rho\pi r^5}{5}\left(\frac{h^3}{r^3} + \frac{h}{4r}\right) = \frac{\rho\pi r^5}{5} * \frac{4h^3 + hr^2}{4r^3} =$$
$$= \frac{\rho\pi r^2 h}{5}\left(h^2 + \frac{r^2}{4}\right) = \frac{1}{3}\rho\pi r^2 h\frac{3}{5}\left(h^2 + \frac{r^2}{4}\right) = \frac{3}{5}M\left(h^2 + \frac{r^2}{4}\right);$$
$$J_x = J_y = \frac{3}{5}M\left(h^2 + \frac{r^2}{4}\right)$$

15- mavzu. Noinertsial sanoq sistemalaridagi xarakat.

Asosiy savollar:

1. Noenertsial sanoq sistemalarida zarrachaning xarakat tenglamasi.
2. Tekis aylanma xarakat qilayotgan sistema.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Mexanik sistema	radius vektor	inertsial sanoq sistema
Inertsiya kuchlari	tashqi maydon	markazga intilma kuch
Kariolis kuchi	Lagranj funktsiyasi	

1- **asosiy savol: Noenertsial sanoq sistemalarida zarrachaning xarakat.**

1- asosiy savolning maqsadi:

Noenertsial sanoq sistemalarida zarrachaning xarakatni o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Inertsial va noenertsial sanoq sistemalari farqini biladi.
2. Noenertsial sanoq sistemalari uchun xarakat tenglamalarini yoza oladi.
3. Kuchlarni ajrata oladi.

1- asosiy savolning bayoni:

Noenertsial sanoq sistemalarida xarakat.Inertsial sanoq sistemalarida

$$L_0 = \frac{mV_0^2}{2} - U \qquad (1)$$

va mos ravishda

$$m\frac{dV_0}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} \qquad (2)$$

Noenertsial sanoq sistemalarida qanday bo'ladi?

$$\frac{d}{dt} = -\frac{\partial L}{\partial V} = \frac{\partial L}{\partial \eta} \qquad (3)$$

Bu xolda Lagranj funktsiyasini o'zgartirish kerak. K va K^1 sanoq sistemalarida

$$V_0 = V^1 + V(t) \qquad (4)$$

$$L^1 = \frac{mV^{12}}{2} + m\nu^1 V + \frac{m}{2}V^2 - V \qquad (5)$$

$V^2(t)$ berilgan vaqtga bog'liq funktsiya

$$\upsilon^1 = \frac{d\eta^1}{dt} \qquad (6)$$

$$mV(t)\nu^1 = mV\frac{dr^1}{dt} = \frac{d}{dt}(mV\eta^1) - m\eta^1\frac{dV}{dt} \qquad (7)$$

Bu ifodani L funktsiyasiga qo'yib, vaqt bo'yicha to'la differentsialni etiborga olmasak

$$L^1 = \frac{m\nu^{12}}{2} - mW(t)\eta^1 - U \qquad (8)$$

Bu erda $W = dV/dt$ sanoq sistemasining ilgarilma xarakat tezlanishi.(8) ifodasidan foydalanib Lagranj tenglamasini tuzsak

$$m\frac{d\nu^1}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial \eta^1} - mW(t) \qquad (9)$$

Yana bitta sanoq sistemasini kiritamiz. K^1- sanoq sistemasi.Bu sistema K sistema sanoq boshi bilan bog'liq, lekin unga nisbatan aylanma xarakat qiladi. $\Omega(t)K^1$ ga nisbatan ilgarilma xarakat burchak tezligi.

K sanoq sistemasiga nisbatan zarrachaning tezligi ikki qismdan iborat bo'ladi.

$$\nu^1 = \nu + [\Omega\eta] \qquad (10)$$

Bu ifodani Lagranj funktsiyasiga qo'ysak, quyidagi ifodani olamiz.

$$L = \frac{m\nu^2}{2} + m\nu[\Omega\eta] + \frac{m}{2}[\Omega\eta]^2 - mwr - U \qquad (11)$$

Bu noinertsial sanoq sistemasidagi zarracha uchun L funktsiyasi.To'la differentsialni e'tiborga olgan xolda qo'yidagi xarakat tenglamasini olamiz:

$$dL = m\nu d\nu + md\nu[\Omega\eta] + m\nu[\Omega d\eta] + m[\Omega\eta][\Omega J\eta] - mWd\eta - \frac{\partial U}{\partial \eta}d\eta = m\nu d\nu + md\nu[\Omega\eta] + md\eta[\nu\Omega] +$$
$$+ m[[\Omega\eta]\Omega]d\eta - mWd\eta - \frac{\partial U}{\partial \eta}d\eta \qquad (12)$$

$d\nu$ va $d\eta$ qatnashgan xadlarni yig'sak va ularni Lagranj tenglamasiga qo'ysak, izlanayotgan xarakat tenglamasi kelib chiqadi:

$$m\frac{d\nu}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} - mW + m[\eta\Omega] + 2m[\nu\Omega] + m[\Omega[\Omega\eta]] \qquad (13)$$

$2m[\nu\Omega]$ - Koriolis kuchi, $m[\eta\Omega]$ notekkis aylanma bilan bog'liq kuch, $m[\Omega[\eta\Omega]]$- kuch markazga intilma kuch.

Bunday xol uchun impuls va energiya quyidagi ko'rinish oladi.

$$P = \frac{\partial L}{\partial \nu} = m\nu + m[\Omega\eta]$$

$$E = \frac{m\nu^2}{2} - \frac{m}{2}[\Omega\eta]^2 - U \qquad (14)$$

Oxirgi ifodadagi qo'shimcha potentsial energiya $-\frac{m}{2}[\Omega\eta]^2$ markazdan qo'chma energiyadir.

Nazorat topshiriqlari.

1. Noinertsial sanoq sistemasi qanday sistema?
2. Inertsial sanoq sistemasi uchun Lagranj tenglamasini yozing.
3. Kariolis kuchi qanday kuch?
4. Markazdan qo'chma kuch ifodasini ko'rsating.

2- **asosiy savol**: **Tekis aylanma xarakatlanayotgan sistemaning xarakati.**

2- asosiy savoning maqsadi:

Tekis aylanayotgan sistema xarakatini o'rganish.

Identiv o'quv maqsadi:

1. Bu xol uchun Lagranj tenglamasini yoza oladi.
2. Aylanma xarakatlanayotgan sanoq sistemasidan xosil bo'layotgan energiyalarni ajrata oladi.
3. Impuls momentini energiya bilan bog'liq xolda aniqlay oladi.

2-asosiy savoning bayoni:

Koordinata sistemasi tekis aylanma xarakat qilayotgan bo'lsin.U xolda Lagranj funktsiyasi ifodasidagi burchak tezlikni doimiy va tezlanishni no'lga teng deb Lagranj funktsiyasini yozamiz

$$L = \frac{m\nu^2}{2} + m\nu[\Omega\eta] + \frac{m}{2}[\Omega\eta]^2 - U \qquad (13)$$

Mos xarakat tenglamasi esa

$$m\frac{d\eta}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial \eta} + 2m[\nu\Omega] + m[\Omega[\eta\Omega]] \qquad (14)$$

Bu xol uchun zarracha energiyasini xisoblaymiz.

$$P = \frac{\partial L}{\partial \nu} = m\nu + m[\Omega\eta] \qquad (15)$$

ni energiya ifodasi $E = p\nu - L$ ga qo'yib quyidagini olamiz:

$$E = \frac{m\nu^2}{2} - \frac{m}{2}[\Omega\eta]^2 + U \qquad (16)$$

Energiya ifodasida chiziqli tezlik bo'yicha xad qatnashmaydi.Aylanma xarakatning ta'siri koordinataga bog'liq bo'lgan va burchak tezlik kvadratiga proportsional bo'lgan va burchak tezlik koordinataga bog'liq bo'lgan va burchak tezlik kvadratiga proportsional bo'lgan xad orqali kiriladi.

Bu qo'shimcha $-\frac{m}{2}[\Omega\eta]^2$ potentsial energiyaga markazdan qochma energiya deyiladi.Tekis aylanma xarakat qilayotgan sanoq sistemasiga nisbatan zarrachaning tezligi sistemaning tezligi bilan quyidagicha bog'langan

$$\nu_0 = \nu + [\Omega\eta] \qquad (17)$$

Shu sababli (15) formuladagi impuls K sistemadagi impuls bilan ustma- ust tushadi. K va K_0 sistemalarida energiya turlicha (16),(17) ifodalardan energiya ifodasini quyidagicha aniqlaymiz:

$$E = \frac{m v_0^2}{2} - m v_0[\Omega \eta] + U = \frac{m v_0^2}{2} + U - m[\eta v_0]\Omega \qquad (18)$$

Dastlabki ikkita xad K_0 sistemadagi to'la energiyasidir.Oxirgi xad burchak tezlik va impuls momenti orqali aniqlanishi mumkin.

$$E = E_0 - M\Omega \qquad (19)$$

bu formula tekis aylanayotgan sistemada energiya o'zgarishini xarakterlovchi ifodadair.

Nazorat topshiriqlari.

1. Aylanma xarakatlanadigan sistema uchun Lagranj funktsiyasini yozing.
2. Markazdan qochma energiya qanday energiya?
3. Er sirtidan biror tezlik bilan tashlab yuborilgan jismning tekislikdan chetlashishini toping.
4. Kichik tebranishlarga erning o'z o'qi atrofida aylanishini ta'sirini aniqlang.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Noinertsial sanoq sistemalarida zarrachaning xarakat tenglamasi.

(1) 163-165 betlar
(2) -
(3) 185-190 betlar

2. Tekis aylanma xarakatlanayotgan sistema.

(1) 165-168 betlar
(2) -
(3) 190-198 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. o'qituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

16- mavzu. Kanonik tenglamalar. Gamilton funktsiyasi. Gamilton tenglamalari.

Asosiy savollar:

1. Gamilton tenglamalari.
2. Mopertyu printsipi.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

Sistema xolati	tashqi maydon	umumlashgan koordinata
Gamilbton funktsiyasi	Gamilton tenglamasi	umumlashgan impuls
Xosila	koordinata	kanonik tenglamalar
To'la differentsial	impuls	dinamik o'zgaruvchilar

Lagranj metodi   Lejandr almashtirishlari

1- **asosiy savol: Kanonik tenglamalar.Gamilton tenglamalari.**

1- **asosiy savolning maqsadi:**
Gamilton tenglamalari bilan tanishish va ular yordamida xarakatni o'rganish.
Identiv o'quv maqsadlari:
1. Lagranj tenglamasini yoza oladi.
2. Gamilton funktsiyasini keltirib chiqaradi.
3. Gamilton tenglamalarini qo'llay oladi.

1- **asosiy savolning bayoni:**
Mexanika qonunlarini Lagranj funktsiyasi yordamida keltirib chiqarishda sistemaning mexanik xolati umumlashgan koordinata va tezliklar bo'yicha yoziladi.Bunday aniqlash birdan bir usul emas.Xususan, xolanti umumlashgan koordinata va impulslar orqali ifodalash bir qancha qulayliklarga egadir.Bu xolda xarakat tenglamalarini keltirib chiqaraylik.

Bir o'zgaruvchidan boshqa o'zgaruvchilarga o'tishda matematikadagiLejsandr almashtirishlardan foydalanamiz.

Lagranj funktsiyasi koordinata va tezlik funktsiyasi bo'lganligi sababli to'la diferentsial olamiz

$$dL = \sum_i \frac{\partial L}{\partial q_i} dq_i + \sum_i \frac{\partial L}{\partial q_1} dq_i \qquad (1)$$

Bu ifodani qo'yidagicha yozamiz

$$dL = \sum P_i dq_i + \sum P_i d \overset{0}{q}_i \qquad (2)$$

$\partial L / \partial q_i$ xadisalar ta'rifga ko'ra umumlashgan impulslar bo'lganligi sababli, Lagranj tenglamasiga ko'ra $\partial L / \partial q_i = P_i$

Ikkinchi xadni quyidagicha yozamiz:

$$\sum P_i dq_i = d(\sum P_i q_i) - \sum q_i dP_i$$

$d(\sum P_i q_i)$ to'la differentsialni tenglamaning chap tomoniga o'tkazib, ishoralarni o'zgartiramiz va quyidagi ifodani olamiz:

$$d(\sum P_i q_i - L) = -\sum P_i dp_i + \sum q_i dp_i$$

Differentsial ostidagi ifoda sistema energiyasidir.Bu funktsiya umumlashgan koordinata va impuls funktsiyasidir.Bu funktsiyaga ***Gamilton funktsiyasi*** deyiladi

$$H(P, q, t) = \sum_i P_i q_i - L \qquad (3)$$

Defferentsial tenglikdan

$$dH = -\sum P_i dq_i + \sum q_i dp_i \qquad (4)$$

Bu tenglikdan quyidagi tenglamalarni olamiz

$$q_i = \frac{\partial H}{\partial P_i}; \qquad P_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i} \qquad (5)$$

Bu tenglamalar P va q o'zgaruvchilardagi xarakt tenglamalaridir. Bu tenglamalarga ***Gamilton tenglamalari*** deyiladi. Bu tenglamalar $2S$ noma'lum funktsiyalar uchun birinchi tartibli differentsial tenglamalardir.Ularning sodda va simmetrik bo'lganligi sababli bu tenglamalarni ***kanonik tenglamalar deyiladi.*** Gamilton funktsiyasidan vaqt bo'yicha to'la differentsial

$$\frac{dH}{dt} = \frac{\partial H}{\partial t} + \sum \frac{\partial H}{\partial q_i} q_i + \sum \frac{\partial H}{\partial P_i} P_i$$

Gamilton tenglamalaridan foydalansak

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{dH}{\partial t} \qquad (6)$$

ifoda kelib chiqadi.Xususan, agarda Gamilton funktsiyasi vaqtga bog'liq bo'lmasa, ya'ni $dH/dt = 0$ bo'lsa, biz yana energiyaning saqlanish qonuniga qaytamiz.

Lagranj va Shamilton funktsiyalariga P, q yoki q, q dinamik o'zgaruvchilar bilan bir qatorda mexanik sistemaning uzini yoki unga ta'sir qiluvchi tashqi maydonni xarakterlovchi parametrlar xam kiradi.Masalan, λ shunday parametr bo'lsin.U xolda

$$dL = \sum P_i dq_i + \sum P_i dq_i + \frac{\partial L}{\partial \lambda} d\lambda$$

va (4) ifoda o'rniga

$$dH = -\sum P_i dq_i + \sum q_i dp_i - \frac{\partial L}{\partial \lambda} d\lambda$$

ni olamiz:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial \lambda}\right)_{p,q} = -\left(\frac{\partial L}{\partial \lambda}\right)_{q,q} \qquad (7)$$

bu olingan ifodadan

$$(H^1)_{p,q} = -\left(\frac{\partial L}{\partial t}\right)_{q,q}$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Nima uchun boshqa o'zgaruvchilarga o'tish kerak.
2. Lagranj funktsiyasini yozing.
3. Lamilton funktsiyasi nimani xarakterlaydi.
4. Moddiy nuqta uchun Gamilton funktsiyasini turli koordinata sistemalarida yozing.
5. Tekis aylanayotgan sanoq sistemasi uchun Gamilton funktsiyasini yozing.

2- **asosiy savol. Mopertyui printsipi**

2- **asosiy savolning maqsadi:**

Mopertyui printsipi bilan tanishtirish.

Identiv o'quv maqsadlari:

1. Eng kichik ta'sir printsipini biladi.
2. Qisqartirilgan ta'sirni qo'llay oladi.
3. Mopertyui printsipini tushunadi.

2- asosiy savolning bayoni:

Eng kichik ta'sir printsipi orqali mexanik sistema xarakatini to'la aniqlash mumkin.Agarda faqatgina traektoriyani aniqlasak, uxolda eng kichik ta'sir printsipining sodda ko'rinishi bilan chegaralanish mumkin.

Faraz qilaylik, Lagranj va Gamilton funktsiyalari vaqtga oshkora bog'liq bo'lmasa, sistemada energiya saqlanadi:

$$H(P,q) = E = const \qquad (8)$$

Eng kichik ta'sir printsipiga ko'ra, berilgan boshlang'ich va oxirgi koordinata qiymatlari va vaqt momentlarida no'lga teng bo'ladi. Oxirgi vaqt momentlaridagi qa'tiy belgilab qo'yilgan boshlang'ach va oxirgi koordinatalarda quyidagilarni olamiz:

$$\delta S = -H\delta t \qquad (9)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga bo'ysunadigan traektoriyalar uchun H ni E bilan almashtirsak

$$\delta S + E\delta t = 0 \qquad (10)$$

Ta'sirni quyidagi ko'rinishda

$$S = \int \sum P_i dq_i - E(t - t_0) \qquad (11)$$

yozib, va yana bir marta H ni E bilan almashtirsak

$$S = \int (\sum_i P_i dq_i - Hdt) \qquad (12)$$

ifodani olamiz.

Bu ifodadagi birinchi xad

$$S_0 = \int \sum_i P_i dq_i \qquad (13)$$

qisqartirilgan ta'sir deb ataladi.Olingan munosabatni ta'sir ifodasiga qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$\delta S_0 = 0 \qquad (14)$$

Shunday qilib, qisqartirilgan ta'sir energiyasining saqlanish qonuni bajariladigan barcha traektoriyalar uchun minimum ifodaga ega bo'ladi. Variatsion xisoblashdan foydalanish uchun impuls va integral ostidagi kattaliklarni koodinata va ularning differentsialari orqali ifodalaymiz.Buning uchun quyidagi tenglikdan foydalanamiz:

$$P_i = \frac{\partial}{\partial q_i} L(q, \frac{dq}{dt}) \qquad (15)$$

Bu impuls bo'lib, energiyaning saqlanish qonunini yozamiz.

$$E(q, \frac{dq}{dt}) = E \qquad (16)$$

Olingan ifodada dt differentsialni q koordinata va uning differentsiali dq orqali ifodalasak, impulslarni q va dq orqali ifodalasak E energiya parametr vazifasini bajaradi.Bunday aniqlangan variatsion xisoblash sistema xarakati traektoriyasini aniqlaydi.Bu printsipga Mopertyui printsipi deyiladi.

Lagranj funktsiyasini umumiy xolda kinetik va potentsial energiyalar farqi orqali aniqlaymiz:

$$L = \frac{1}{2}\sum_{i,k} a_{ik}(q)q_i q_k - U(q) \qquad (17)$$

Bu xolda impulslar

$$P_i = \frac{\partial L}{\partial q_i} = \sum_k a_{ik}(q)q_k$$

Energiya esa

$$E = \frac{1}{2}\sum_{i,k} a_{ik}(q)q_i q_k + U(q)$$

Oxirgi tengliklar

$$dt = \sqrt{\sum a_{ik} dq_i\, dq_k / 2(E-U)} \qquad (18)$$

munosabatni olamiz.Bu ifodani

$$\sum_i P_i dq = \sum_{i,k} a_{i,k}\frac{dq}{dt}dq_i \qquad (19)$$

ga qo'ysak, qisqartirilgan ta'sirni quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$S_0 = \int \sqrt{2(E-U)\sum_{i,k} a_{ik} dq_i dq_k} \qquad (20)$$

Xususiy xolda, bitta moddiy nuqta uchun kinetik energiya

$$T = \frac{m}{2}\left(\frac{d\ell}{dt}\right)^2$$

va traektoriya shaklini aniqlash uchun variatsion printsipini yozamiz.

$$\delta\int \sqrt{2m}(E-U)d\ell = 0 \qquad (21)$$

Bu erda integral fazoda berilgan ikkita nuqta orasida olinadi.Zarrachalarning erkin xarakatida $U = 0$ da echim trivial bo'ladi:

$$\delta\int d\ell = 0 \qquad (22)$$

Ya'ni zarracha eng qisqa yo'l to'g'ri chiziq bo'yicha xarakatlanadi.Yana ta'sir ifodasiga qaytamiz va variatsiani E parametr bo'yicha amalga oshiramiz:

$$\delta S = \frac{\partial S_0}{\partial E}\delta E - (t-t_0)\delta E - E\delta t$$

Qisqartirilgan ta'sir uchun tenglik quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\int\sqrt{\sum a_{ik} dq_i dq_k / 2(E-U) = t - t_0}$$

Olingan tenglama to'la xarakatni traektoriya tenglamasi bilan birgalikda aniqlashi mumkin.

Nazorat topshiriqlari.

1. Qisqa ta'sir ifodasini yozing.
2. Mopertyui printsipini ta'riflang.
3. Variatsion printsipdan traektoriya uchun differentsial tenglamani yozing.
4. Gamilton tenglamasini yozing.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Gamilton tenglamalari.

(1) 169-171 betlar

(2) 384-386 betlar

2. Mopertyui printsipi

(1) 180-183 betlar

(2) 386-390 betlar

Mavzuga oid adabiyotlar:

1. L.D.Landau, E. M. Lifshits. Mexanika. M. Nauka. 1988g.
2. M. Yaxyoev, K. Muminov. Nazariy mexanika. T. o'qituvchi. 1990 i.
3. Olxovskiy I. I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M. Nauka. 1970 g.
4. Fayzullaev B.A. Nazariy mexanika. T.:»Ukituvchi». 2012

Lagranj funksiyasidan Gamilton funksiyasiga otishga doir masalalar

1-masala

Lagranj funksiyasidan Gamilton funksiyasiga oting.

$$L = \frac{x\dot{y}}{2} + lnx\,;\ P_y = \frac{\partial L}{\partial \dot{y}} = \frac{x}{2}\,; F = \frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\dot{y}}{2}\,; \frac{d}{dt}P = \frac{\dot{y}}{2}\,; x = 2P\,;$$

$$\dot{y} = 2\dot{P}\,;\ \dot{x} = \dot{P}_y\,;\ P_x = \frac{\partial L}{\partial x} = 0\,; H = P_x\dot{x} + P_y\dot{y} = 0 + \frac{x}{2}\,; H = -lnx$$

2-masala

Lagranj funksiyasidan Gamilton funksiyasiga oting.

$$L = \frac{\dot{x}^2}{x} + x\dot{y}^2 + x\,;\ P_x = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{2\dot{x}}{x}\,;\ \dot{x} = \frac{P_x x}{2}\ ;\ P_y = \frac{\partial L}{\partial \dot{y}} = 2x\dot{y}\,;\ \dot{y} = \frac{P_y}{2x}\,;$$

$$H = P_x\dot{x} + P_y\dot{y} - L = P_x * \frac{P_x x}{2} + P_y * \frac{P_y}{2x} - \frac{1}{x}\frac{P_x^2 x^2}{4} - x\frac{P_y^2}{4x^4} - x =$$

$$= \frac{P_x^2 x}{2} - \frac{P_x^2 x}{4} + \frac{P_y^2}{2x} - \frac{P_y^2}{4x} - x = \frac{P_x^2 x}{4} + \frac{P_y^2}{4x} - x\,;$$

$$H = \frac{P_x^2 x}{4} + \frac{P_y^2}{4x} - x\,;$$

$$\dot{x} = \frac{\partial H}{\partial P_x} = \frac{2P_x x}{4}\ ;\ \dot{y} = \frac{\partial H}{\partial P_y} = \frac{2P_y}{4x}\,;\ \dot{P}_x = -\frac{\partial H}{\partial x} = -\frac{P_x^2}{4} + \frac{P_y^2}{4x^2} - 1 =$$

$$= \frac{P_x^2 x^2 + P_y^2 + 4x^2}{4x^2}\,;\ \dot{P}_y = -\frac{\partial H}{\partial y} = 0\ (const)\,;\ \dot{P}_x = \frac{P_x^2 x^2 + P_y^2 + 4x^2}{4x^2}$$

3-masala

Lagranj funksiyasidan Gamilton funksiyasiga oting

$$L = \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}\dot{z}}{x}\ ;\ P_x = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{2\dot{x}}{x}\,;\ \dot{x} = \frac{P_x x}{2}\ ;\ P_y = \frac{\dot{z}}{2}\,;\ \dot{z} = 2P_y\,;$$

$$P_z = \frac{\partial L}{\partial \dot{z}} = \frac{\dot{y}}{x}\,;\ \dot{y} = P_z x\,;$$

$$H = P_x\dot{x} + P_y\dot{y} + P_z\dot{z} - L =$$

$$P_x * \frac{P_x x}{2} + P_y * P_z x + P_z * 2P_y - \frac{P_x^2 x^2}{4x} - \frac{P_z x P_y x}{x} =$$

$$= \frac{P_x^2 x}{2} + 2P_y P_z x - \frac{P_x^2 x}{4} - P_y P_z x = \frac{P_x^2 x}{4} + P_y P_z x$$

$$H = \frac{P_x^2 x}{4} + P_y P_z x$$

$$\dot{x} = \frac{2P_x x}{4} = \frac{P_x x}{2}\ ;\ \dot{y} = \frac{\partial H}{\partial P_y} = \ P_z x\ ;\ \dot{z} = 2P_y;\ \dot{P}_x = -\frac{P_x^2}{4} - P_y P_z;$$

$$\dot{P}_x = -\frac{P_x^2}{4} - P_y P_z\ ;\ P_y = 0\ ;\ P_z = 0$$

4-masala

$$\mathrm{L} = \frac{m\dot{q}^2}{2} - \frac{kq^2}{2}\ ; P = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = m\dot{q} \to \dot{q} = \frac{P}{m}$$

$$H = (q, P) = P\dot{q} - L = P\frac{P}{m} - \frac{m}{2}\frac{P^2}{m^2} + \frac{kq^2}{2} = \frac{P^2}{2m} + \frac{kq^2}{2}\ ;$$

$\dot{P} = -\frac{\partial H}{\partial q} = -kq\ ;\ \dot{q} = \frac{\partial H}{\partial P} = \frac{2P}{2m} = \frac{P}{m}$. Bulardan bitta ikkinchi tartibli diffrensial tenglamaga o'tish mumkin.

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial H}{\partial \dot{P}} - \frac{\partial H}{\partial q} = 0\ ;\ \frac{\partial H}{\partial \dot{P}} = \frac{P}{m}\ ;\ \frac{\partial H}{\partial q} = kq$$

$$H = \frac{m}{2}\frac{P^2}{m^2} + \frac{kq^2}{2}\ ;\ \ddot{q} + kq = 0\ ;\ \ddot{q} = \frac{\dot{P}}{m}\ ;\ \dot{P} = \ddot{q}m\ ;\ \ddot{q}m + kq = 0\ ;$$

$$\ddot{q} + \frac{k}{m}q = 0\ ;\ \ddot{q} + \omega^2 q = 0$$

5-masala

$$L = \frac{m}{2}\left(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 + r^2 sin^2\theta\dot{\varphi}^2\right) - U(r, \theta, \varphi);$$

$$H(q,P) = \sum_i P_i\dot{q}_i - L = P_1\dot{q}_1 + P_2\dot{q}_2 + P_3\dot{q}_3 - L\ = P_r\dot{r} + P_\theta\dot{\theta} + P_\varphi\dot{\varphi} - L$$

$P_r = \frac{\partial L}{\partial \dot{r}} = m\dot{r}\ ;\ P_\theta = mr^2\dot{\theta}\ ;\ \ P_\varphi = \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = mr^2 sin^2\theta\dot{\varphi}$, bulardan

$$\dot{r} = \frac{P_r}{m}, \dot{\theta} = \frac{P_\theta}{mr^2}, \dot{\varphi} = \frac{P_\varphi}{mr^2 sin^2\theta}$$

$$H(q,P) = \ P_r\frac{P_r}{m} + P_\theta\frac{P_\theta}{mr^2} + P_\varphi\frac{P_\varphi}{mr^2 sin^2\theta} - \frac{m}{2}\frac{P_r^2}{m^2} - \frac{m}{2}r^2\frac{P_\theta^2}{m^2 r^4} -$$

$$-\frac{m}{2}r^2 sin^2\theta\frac{P_\varphi^2}{m^2 r^4 sin^4\varphi} + U(r, \theta, \varphi);$$

$$H(q,P) = \frac{P_r^2}{m} - \frac{P_r^2}{2m} + \frac{P_\theta^2}{mr^2} - \frac{P_\theta^2}{2mr^2} + \frac{P_\varphi^2}{m^2 r^4 sin^4\varphi} - \frac{P_\varphi^2}{2m^2 r^4 sin^4\varphi} + U(r, \theta, \varphi)\ ;$$

$$H(q,P) = \frac{P_r^2}{2m} + \frac{P_\theta^2}{2mr^2} + \frac{P_\varphi^2}{2m^2 r^4 sin^4\varphi} + U(r, \theta, \varphi);$$

6-masala

$H = \frac{P_x^2 t}{2} + P_x P_y$ bunga mos Lagranj funksiyasi topilsin.

$\dot{x} = \frac{\partial H}{\partial P_x} = P_x t + P_y$; $\dot{y} = \frac{\partial H}{\partial P_y} = P_x$ bundan $P_x = \dot{y}$; $P_y = \dot{x} - P_x t$ bularni

$L = \sum_i P_i \dot{q}_i - L$ ga qo'ysak

$L = P_x \dot{x} + P_y \dot{y} - H = \dot{y}\dot{x} + \dot{x}\dot{y} - \dot{y}^2 t - H = 2\dot{x}\dot{y} - \dot{y}^2 t - \frac{\dot{y}^2 t}{2} - \dot{y}\dot{x} + \dot{y}^2 t$;

$L = \dot{x}\dot{y} - \frac{\dot{y}^2 t}{2}$; $P = m\dot{q}$; $\dot{P} = m\ddot{q}$; $\dot{P} = -kq$; $\dot{q} = \frac{P}{m}$

$m\ddot{q} = -kq$; $m\ddot{q} + kq = 0$; $\ddot{q} + \frac{k}{m} q = 0$; $\ddot{q} + \omega^2 q = 0$

7-masala

$L = -mc^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ga mos keluvchi Gamilton funksiyasini toping.

$P = \frac{\partial L}{\partial v} = -\frac{1}{2} \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(-\frac{2v}{c^2}\right) = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ bundan $v = \frac{P}{m}$; $P^2 - \frac{P^2 v^2}{c^2} = m^2 v^2$;

$P^2 c^2 - P^2 v^2 = m^2 v^2 c^2$; $v^2(m^2 c^2 + P^2) = P^2 c^2$; $v^2 = \frac{P^2 c^2}{m^2 c^2 + P^2}$;

$v = \frac{Pc}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}} = \frac{P}{m} \frac{1}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}}$;

$H = Pv - L = \frac{P^2}{m} \frac{1}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}} + mc^2 \sqrt{1 - \frac{P^2}{m^2 c^2 + P^2}} =$

$= \frac{P^2 c}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}} + \frac{m^2 c^3}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}} = \frac{P^2 c + m^2 c^3}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}} = \frac{c(P^2 + m^2 c^2)}{\sqrt{m^2 c^2 + P^2}}$;

$H = c\sqrt{m^2 c^2 + P^2}$

Agar Pq0 bo'lsa $H = mc^2$

$L = \frac{\dot{x}\dot{y}}{2} - \ln x$;

$L = \frac{\dot{x}^2}{x} + x\dot{y}^2 + x$;

$L = \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}\dot{z}}{x}$; $L = \frac{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}{2} + x\dot{y} - y\dot{x}$;

$L = \frac{m}{2}(\dot{r}^2 + \omega^2 r^2 sin^2\theta) - mgrcos\theta$; $H = \frac{P_r^2}{2\theta^2} + \frac{P_\theta^2}{2r^2 sin\theta} + r$;

$P_x = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = 0$;

$P_y = \frac{\partial L}{\partial \dot{y}} = \frac{x}{2}$; $H = P_x \dot{x} + P_y \dot{y} - \frac{x\dot{y}}{2} - \ln x = -\ln x$

$\dot{q} = \frac{P}{m}$; $\dot{P} = -kq$; $\ddot{q} = \frac{\dot{P}}{m}$; $m\ddot{q} = -kq$

$\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \dot{y}$; $\frac{d}{dt}\dot{y} = \ddot{y}$; $\ddot{y} = 0$

$$\frac{\partial L}{\partial \dot x} = \dot x - \dot y t \, ; \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot x}\right) = \ddot x - \ddot y \, t - \dot y \, ; \ddot x - \dot y = 0$$

17- mavzu.**Raus funktsiyasi.Puasson qavslari.Ta'sir koordinatalari funktsiyasi sifatida.**

Asosiy savollar:

1. Rauss funktsiyasi.
2. Puasson qavslari.
3. Ta'sir koordinata funktsiyasi.

Mavzuga oid tayanch so'z va iboralar:

To'la differentsial	Yakobi ayniyati	umumlashgan impuls
Operatorlar	chiziqli operatorlar	umumlashgan tezlik
Geometrik optika	Puasson qavslari	eng kichik ta'sir printsipi
Tsiklik koordinatalar	variatsiya	qisqartirilgan ta'sir
Lagranj funktsiyasi	Gamilton funktsiyasi	Mopertyui printsipi

1- asosiy savol: **Rauss funktsiyasi.**

1- asosiy savolning maqsadi:
Rauss funktsiyasini o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:
1.Raus funktsiyasini yordamida xarakat tenglamalarini keltirib chiqaradi oladi.
2. Gamilton tenglamasini yoza oladi.
3. Lagranj funktsiyasidan Raus va Gamilton funktsiyalariga o'ta oladi.

1- asosiy savolning bayoni:

Ko'pchilik xollarda yangi o'zgaruvchilarga o'tishda xamma impulslarni tezliklar bilan va aksincha almashtirish shart emas, balki ularning ba'zilarini almashtirish kerak.

Dastlab, formulalarni tuzib yubormaslik uchun ikkita koordinata mavjud deb qaraymiz.Masalan, q va ξ va $q,\xi,\overset{0}{q},\xi$ o'zgaruvchilarni $q,\xi,\overset{0}{p},\xi$ o'zgaruvchilar bilan almashtiramiz.

Lagranj funktsiyasining differentsialini aniqlaymiz:

$$dL = \frac{\partial L}{\partial q}dq + \frac{\partial L}{\partial q}dq + \frac{\partial L}{\partial \xi}d\xi + \frac{\partial L}{\partial \xi}d\xi = pdq + pdq\frac{\partial L}{\partial \xi}d\xi + \frac{\partial L}{\partial \xi}d\xi$$

bu erdan quyidagini olamiz:

$$d(L - pq) = pdq - qdp + \frac{\partial L}{\partial \xi}d\xi + \frac{\partial L}{\partial \xi}d\xi$$

Yangi funktsiya kiritamiz

$$R(q,p,\xi,\xi) = pq - L$$

Bu funktsiyaga Raus funktsiyasi deyiladi.

Bu erda q tezlik p impuls bilan $p = \partial L / \partial \dot{q}$ tenglik yordamida almashtirilgan.Funktsiyaning differentsiali

$$dR = -pdq + qdp - \frac{\partial L}{\partial \xi} d\xi - \frac{\partial L}{\partial \xi} d\xi \qquad (2)$$

ko'rinishiga ega bo'ladi.Bu erdan

$$\dot{q} = \frac{\partial R}{\partial P}; \qquad P = -\frac{\partial R}{\partial q}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \xi} = -\frac{\partial R}{\partial \xi}; \qquad \frac{\partial L}{\partial \xi} = -\frac{\partial R}{\partial \xi} \qquad (3)$$

Oxirgi tenglikni Lagranj tenglamasiga qo'ysak ξ koordinata uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial R}{\partial \xi} = \frac{\partial R}{\partial \xi} \qquad (4)$$

Shunday qilib,Raus funktsiyasi q koordinataga nisbatan Gamilton va ξ koordinataga nisbatan Lagranj funktsiyasidir.

Sistema energiyasining umumiy ta'siriga ko'ra

$$E = q\frac{\partial L}{\partial q} + \xi\frac{\partial L}{\partial \xi} - L = pq + \xi\frac{\partial L}{\partial \xi} - L \qquad (5)$$

Raus funktsiyasi yordamida bu ifodani o'zgartiramiz

$$E = R - \xi\frac{\partial R}{\partial \xi} \qquad (6)$$

Xususiy xolda tsiklik koordinata mavjud bo'lgan xolda Raus funktsiyasidan foydalanish maqsadiga muvofiqdir.Agarda koordinata tsiklik koordinata bo'lsa, u xolda u oshkoro suratda Lagranj va Raus funktsiyalariga kirmaydi. Raus funktsiyasi faqatgina $P, \xi, \dot{\xi}$ lar funktsiyasidir.Tsiklik koordinataga mos keluvchi P impulslar doimiydir.Ularni mos doimiy kattaliklar bilan almashtirsak, tenglama faqatgina koordinatalarni o'z ichiga oluvchi tenglamaga aylanadi:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial R(P,\xi,\dot{\xi})}{\partial \dot{\xi}} = \frac{\partial R(P,\xi,\dot{\xi})}{\partial \xi} \qquad (7)$$

Agar bu tenglama echilsa va $\xi(t)$ funktsiya aniqlansa, ularni

$$\dot{q} = \frac{\partial R(P,\xi,\dot{\xi})}{\partial P} \qquad (8)$$

tenglamaga qo'ysak, to'g'ridan-to'g'ri integrallash orqali $q(t)$ funktsiyasini aniqlashimiz mumkin.

Nazorat topshiriqlari.

1. Raus funktsiyasini yozing.
2. Xarakat tenglamalarini aniqlang.

3. Tashqi maydondagi simmetrik pirildoq uchun Raus funktsiyasini yozing.
4. Raus va Gamilton tenglamalari orasida qanday farq bor.

2- asosiy savol: **Puasson qavslari.**

3- asosiy savolning maqsadi:
Puasson qavslari zaruriyatini tushuntirish va uni o'rganish.

Identiv o'quv maqsadlari:
1. Puasson qavslarini biladi.
2. Puasson qavslari xususiyatlarini tushunadi.
3. Yakobi ayniyatini biladi.
4. Puasson teoremasini qo'llay oladi.

2-asosiy savolning bayoni
$f(P,q,t)$ biror koordinata, impuls va vaqt funktsiyasi bo'lsin. Vaqt bo'yicha uning to'la differentsialni aniqlaymiz.

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_k \left(\frac{\partial f}{\partial q_k} q_k + \frac{\partial f}{\partial P_k} P_k\right) \qquad (9)$$

q_k va P_k lar o'rniga Gamilton tenglamasidan ularning ifodasini keltirib qo'ysak:

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \{H \cdot f\} \qquad (10)$$

ifodani olamiz.Bu erda

$$\{Hf\} = \sum \left(\frac{\partial H}{\partial P_k}\frac{\partial f}{\partial q_k} - \frac{\partial H}{\partial q_k}\frac{\partial f}{\partial P_k}\right) \qquad (11)$$

bo'lib,Puasson qavslari deyiladi.Shuni qayd qilish lozimki, H va kattaliklar uchun dinamik o'zgaruvchilarning bunday funktsiyalari (o'zgaruvchan sistema xarakati mobaynida doimiy qoladi.)xarakat integrallari deyiladi.
f funktsiya xarakat integrallari bo'lishi uchun $df/dt = 0$ quyidagi munosabatni olamiz:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \{Hf\} = 0 \qquad (12)$$

Xarakat integrali vaqtga bog'liq bo'lmasa, u xolda

$$\{Hf\} = 0 \qquad (13)$$

ya'ni,Gamilbton fuknktsiyasini o'z ichiga olgan Puasson qavslari no'lga aylanadi.
Ixtiyoriy f va g juft kattaliklar uchun Puasson qavslari mos raqishda quyidagicha aniqlanadi:

$$\{fg\} = \sum_k \left(\frac{\partial f}{\partial P_k}\frac{\partial g}{\partial q_k} - \frac{\partial f}{\partial q_k}\frac{\partial g}{\partial P_k}\right) \qquad (14)$$

Puasson qavslari ta'rifidan kelib chiqadigan quyidagi xususiyatlarga ega:

Agarda funktsiyalar o'rni almashsa, qavs ishorasi o'zgaradi, agarda funktsiyalardan birortasi doimiy bo'lsa, qavs no'lga aylanadi.

$\{fg\} = -\{gF\}$

$\{fc\} = 0$ (15)

va mos ravishda

$\{f_1 + f_2, g\} = \{f_1 g\} + \{f_2 g\}$

$\{f_1 f_2, g\} = f_1\{f_2 g\} + f_2\{f_1 g\}$ (16)

Vaqt bo'yicha xususiy xosila olsak

$$\frac{\partial}{\partial t}\{fg\} = \{\frac{\partial f}{\partial t} g\} + \{f \frac{\partial g}{\partial t}\} \quad (17)$$

Agarda f yoki g funktsiyalardan birortasi koordinata yoki impuls bilan ustma- ust tushsa,u xolda Puasson qavslari xususiy xosilaga kelib qoladi:

$$\{fg_k\} = \frac{\partial f}{\partial P_k}$$

$$\{fP_k\} = -\frac{\partial f}{\partial q_k}$$

Mos ravishda g ni q_k yoki $\frac{\partial q_k}{\partial p_i} = 0$ deb olsak

$$\{q_1 q_k\} = 0 \qquad \{P_i P_k\} = 0 \qquad \{P_i q_k\} = \delta_{ik}$$

larni olamiz.

Uchta funktsiyalardan tuzilgan Puasson qavslari o'rtasida quyidagi munosabatlar mavjud:

$$\{f\{gh\}\} + \{g\{hf\}\} + \{h\{fg\}\} = 0 \quad (18)$$

Olingan uo'bu ifodaga Yakobi ayniyati deyiladi.Puasson qavslarining muxim xususiyati shundan iboratki,agarda f va g lar ikkita xarakat integrali bo'lsa, u xolda ulardan tuzilgan Puasson qavslari xam xarakat integrali xisoblanadi:

$$\{fg\} = const$$

Bu Puasson teoremasidir.

Isbot: Agarda f va g funktsiyalar oshkora vaqtga bog'liq bo'lmasa, uxolda quyidagilarni yozamiz (bunda $h = H$)

$$\{H\{fg\}\} + \{f\{gH\}\} + \{g\{fH\}\} = 0$$

Bu erdan ko'rinib turibdiki $\{Hg\} = 0$ va $\{Hf\} = 0$ bo'lsa, u xolda $\{H\{fg\}\}$ xam no'lga teng bo'ladi.

Nazorat topshiriqlari.

1. Puasson qavslarini yozing.
2. Puasson teoremasini ta'riflang.
3. Yakobi ayniyatini yozing.
4. Puasson qavslarining xususiyatlarini sanang.
5. Moddiy nuqtaning impulsi va impuls momentidan tuzilgan Puasson qavslarini aniqlang.

4- asosiy savol: **Ta'sir koordinata funktsiyasi.**

3- **asosiy savolning maqsadi:**
Ta’sirni koordinata funktsiyasi ekanligini ko’rsatish.

Identiv o’quv maqsadi:

1. Ta’sir integralini biladi.
2. Traektoriyani aniqlay oladi.
3. Gamilton tenglamalarini keltirib chiqara oladi.
5- asosiy savolning bayoni:

Eng kichik ta’sir printsipini ta’riflaganda quyidagi integralni qarab chiqqan edik.

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L dt \qquad (19)$$

Bu integral oldidan belgilangan ikkita q^1 va q^2 vaziyatlar bo’yicha olingan edi.Sistema bu vaziyatlarga t_1 va t_2 vaqt momentlarida erishar edi.Variatsiya chog’ida integralning qiymatlari $q(t_1)$ va $q(t_2)$ vaziyatlarga mos keluvchi mos traektoriyalar bilan solishtiradi.
Xaqiqiy xarakatga ularning bittasi mos keladi, u xam bo’lsa integral minimum bo’ladigan xarakat traektoriyasidir.

Endi ta’sir tushunchasini boshqa tomondan qarab chiqamiz,Bir traektoriyadan boshqa traektoriyaga o’tishda ta’sirning o’zgarishi

$$\delta S = \frac{\partial L}{\partial q}\delta q\Big|_{t_1}^{t_2} + \int_{t_1}^{t_2}\left(\frac{\partial L}{\partial q} - \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q}\right)\delta q dt \qquad (20)$$

Xaqiqiy xarakat traektriyasi Lagranj tenglamasini qanoatlantiradi va bu xolda integral no’lga aylanadi.Birinchi xadda pastki chegara $\delta q(t_1)$ deb xisoblaymiz, $\delta q(t_2)$ ni esa sodda qilib δq deb belgilaymiz.
$\partial L/\partial q$ ni P bilan almashtirib, $\delta S = pdq$ ni olamiz.
yoki ixtiyoriy sondagi erkindik darajalari uchun

$$\delta S = \sum_i P_i \delta q_1 \qquad (21)$$

Bu munosabatlardan ko’rinadiki, ta’sirdan koordinatalar bo’yicha xususiy xosila mos impulslarni beradi:

$$\frac{\partial S}{\partial q_i} = P_i \qquad (22)$$

Ta’sirning ta’rifiga ko’ra uning vaqt bo’yicha to’la differentsiali traektoriya bo’ylab:

$$\frac{dS}{dt} = L \qquad (23)$$

Ikkinchi tomondan S ni koordinata va vaqt funktsiyasi deb qarasak va impuls ifodasidan foydalansak:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\partial S}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial S}{\partial q_i} q_i = \frac{\partial S}{\partial t} + \sum_i P_i \dot{q}_i \qquad (24)$$

ni olamiz.
Ikkala olingan ifodani solishtirsak

$$\frac{\partial S}{\partial t} = L - \sum P_i q_i$$

va oxirida

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -H \tag{25}$$

ifodani olamiz.
Olingan ifodalarni umumlashtirsak, quyidagi differentsialni olamiz.

$$dS = \sum_i P_i dq_i - Hdt \tag{26}$$

Demak ta'sir koordinata va vaqt funktsiyasi sifatida qaralishi mumkin ekan.

Faraz qilaylik, koordinatalar faqatgina xarakat oxirida emas, balki xarakat boshida xam o'zgarsin. U xolda S ta'sirning o'zgarishi ikkala uchdagi farq bilan beriladi:

$$dS = \sum P_i^{(2)} dq_i^{(2)} - H^{(2)} dt^{(2)} - \sum P_i^{(1)} dq_i^{(1)} + H^{(1)} dt^{(1)} \tag{27}$$

Olingan ifodadan ko'rinadiki,xarakat chog'ida sistemaga tashqaridan xar qanday ta'sir bo'lganda xam uning oxirgi xolati boshlang'ich xolatining ixtiyoriy funktsiyasi bo'la olmaydi.Faqatgina o'ng tomon to'la differentsial bo'la olgan xarakatlargina sodir bo'lishi mumkin.Ta'sirning minimal bo'lish shartidan formal ravishda Gamilton tenglamalarini keltirib chiqarish mumkin:

$$S = \int (\sum P_i dq_i - Hdt)$$

va koordinata va impulslarni o'zaro aloqador bo'lmagan variatsialanuvchi kattaliklar deb qaraymiz.Bitta koordinata (mos impuls) uchun variatsiyani yozamiz:

$$\delta S = \int \{dpdq + pd\delta q\} - \frac{\partial H}{\partial q}\delta q dt - \frac{\partial H}{\partial P}\delta p dt\} \tag{22}$$

Ikkinchi xadni (bo'laklab integrallasak) o'zgartirib

$$\delta S = \int \delta p(dq - \frac{\partial H}{\partial P}dt) + p\delta q \Big| - \int \delta q(dP + \frac{\partial H}{\partial \eta}dt) \tag{23}$$

Inegraddash chegaralarida $\delta q = 0$ deb xisoblab, ikkinchi xadni tushurib qoldirish mumkin.Qolgan xadlar no'lga teng bo'lishi mumkin.Qolgan xadlar no'lga teng bo'lishi mumkin, faqatgina integral ostidagi ifodalar no'lga teng bo'lsa, dt ga bo'lib yuborib Gamilton tenglamalarini olamiz:

$$dq = \frac{\partial H}{\partial P}dt; \qquad dp = -\frac{\partial H}{\partial q}dt \tag{24}$$

Nazorat topshiriqlari.

1. Eng qisqa ta'sir ta'rifini ayting.
2. Ixtiyoriy erkinlik darajasiga ega sistema uchun qisqartirilgan ta'sir ifodasini yozing.
3. Gamilton tenglamalarini ta'sirning qisqartirilgan ta'sir ifodasini yozing.
4. Gamilton tenglamalarini yozing.

Mavzuni o'zlashtirish uchun mustaqil ishlar:

1. Raus funktsiyasi.

(1) 172- 173 betlar

(2) 300-394 betlar

2. Puasson qavslari.

(1) 174-77 betlar

(2) 394-398 betlar

3. Ta'sir koordinata funktsiyasi.

(1) 178- 80 betlar

(2) 405-408 betlar

GLOSSARIY

Atamaning nomlanishi			Atamaning ma'nosi
O'zbek tilida	**Ingliz tilida**	**Rus tilida**	
umumlashgan	**Generalized**	**obobhenno'y**	Fizik kattaliklar umumlashtirilib, bitta um. koordinataga keltiriladi va nazariyada bitta ifoda yozaladi.
Sektor tezlik	**Sector velocity**	**Sektorialnaya skorost**	Vaqt birligi ichidagi chiziladigan sektor yuzasi bilan ifodalanadigan tezlik
Umumlashgan tezlik	**General velocity**	**Obobhennaya skorost**	Analitik mexanikada bitta kattalik sifatida olingan, lekin husnsiy hollarda chiziqli va burchak tezlik ko'rinishida olinadigan tezlik
Erkinlik darajasi	**Degree of freedom**	**Stepen svobodo'**	Mexanik sistemaning holatini ifodalash uchun zarur bo'ladigan koordinatalar soni.
Lagranj funktsiyasi	**The lograngian function**	**Funktsiya Lagranja**	Mexanik sistemaning xolatini o'zida jamlagan funktsiya
Ta'sir integrali	**Integral impact**	**Integral deystviya**	Mexanik sistemaning xolatini o'zida jamlagan integral
Lagranj tenglamasi	**The Lograngian eduation**	**Lagranjevo uravnenie**	Natijasi ikkinchi tartibli differentsial tenglama bo'ladigan harakat tenglamasi
Tsiklik koordinata	**Cycle coordination**	**Tsiklicheskaya koordinata**	Lagranj funktsiyasi oshkora bog'liq bo'lmagan

			koordinataga aytiladi
Harakat integrali	**Integral movement**	**Integral dvijeniya**	Harakatning ikkinchi tartibli differentsial tenglamasini integrallashda yordam beradigan saqlanish qonunlariga aytiladi.
Inertsiya markazi	**Central of inertia**	**Tsentr inertsii**	Bir jinsli og'irlik kuchi maydonida og'irlik markazi bilan ustma-ust tushadigan nuqta
Virial teorema	**Virial theory**	**Virial teorema**	Kinetik, potentsial va to'la energiyaning o'rtacha qiymatlari hamda potentsial energiya darajasi bilan bog'liq teorema
Mexanik o'xshashlik	**Machenic similarity**	**Mexanicheskoe podobie**	Kinetik, potentsial va to'la energiyaning o'rtacha qiymatlari hamda potentsial energiya darajasi bilan bog'liq o'xshashlik
Ikki jism masalasi	**Problem of two objects**	**Zadacha dvux tel**	Ikki jism masalasini bir jism masalasiga keltiriladigan masala
Markaziy maydon	**Central field**	**Tsentralnoe pole**	Maydon kuchi va potentsiali u aniqlanadigan nuqtadan markazgacha bo'lgan masofaga bog'liq bo'lgan maydon
Sochilish kesimi	**Surface of spread**	**Sechenie rasseyaniya**	Zarralar sochilishini ifodalaydigan, lekin o'lchov birligi yuza birligi bilan bir xil kattalik
Elastik to'qnashish	**Elastic collision**	**Elastichnoe stolknovenie**	Zarralarning, ular ichki energiyalari o'zgarmagan holdagi, to'qnashuviga aytiladi.
Inertsiya markazi sanoq sistemasi	**Coordinal system of central of inertia**	**Inertsialnaya sistema otscheta**	Markazi inertsiya markazida olingan sanoq sistemasi
Laboratoriya sanoq sistemasi	**Coordinal system laboratory**	**Laboratornaya sistema otscheta**	Er bilan bog'langan ixtiyoriy sanoq sistemasiga aytiladi.
Kichik	**Small friction**	**Malo'e kolebaniya**	Amplitudasi juda ham

tebranish			kichik bo’lgan tebranish
Bir o’lchamli tebranish	**One sire friction**	**Odnomernoe kolebanie**	Faqat bitta koordinata bilan bog’liq tebranish
Parametrik rezonans	**Parameter resenanse**	**Parametricheskiy rezonans**	
Normal koordinata	**Njrmal coordination**	**Normalnaya koordinata**	
asillik	**Precions**	**dobrotnost**	
Dissipativ kuch	**Dissipative forse**	**Dissipativnaya sila**	Har qanday harakatga qarshilik qiluvchi kuch
additivlik	**Additive**	**additivnost**	Mexanik sistemaning biror xususiyati uning bo’laklari xuddi shu xususiyatlari yig’indisiga teng bo’lsa bu xususiyat additivlik xususiyatiga ega bo’ladi
Kanonik almashtirish	**Canonical alternation**	**Kanonicheskoe preobrazovanie**	
Kanonik tenglama	**Canonikal eduation**	**Kanonicheskoe uravnenie**	
Eyler burchaklari	**Eyler angles**	**Eylerovo uglo’**	Qattiq jism holatini ifodalash uchun Eyler tomonidan tanlangan burchaklar
Inertsiya tenzori	**Tensor inertia**	**Tenzor inertsii**	
Inertsiya kuchi	**Inertia force**	**Sila inertsii**	Tezlanishga bog’liq va unga qarshi yo’nalgan kuchga aytiladi.
Ta’sir-burchak o’zgaruvchilar	**Alternations of impact angle**		I-ta’sir va f-burchak o’zgaruvchi bo’lib, ta’sir impuls momentining o’lchamligiga ega, burchakning esa o’lchamligi yo’q.
Adiabatik o’zgaruvchilar	**Adiabatic alternations**		
Adiabatik invariantlik	**Adiabatic invariant**	**Adiabaticheskaya invariantnost**	EG’Ω ning o’zgarmasligi adiabatik invariantlikni keltirib chiqaradi.
Eyler tenglamalari	**Eyler eguations**	**Eylerovo uravnenie**	Qattiq jism harakat tenglamalari
Eng qisqa ta’sir printsipi	**Prinsple of shortest impact**		Haqiqiy traektoriyaga ta’sirning eng kichik

			qiymati to'g'ri kelishini bildiradi.
Traektoriya variatsiyasi			
Eyler-Lagranj tenglamasi	**Eyler-Logrange eduations**	**Eylero-Lagranjevoe uravnenie**	Bu harakat tenglamasi
kovariant	**Covariant**	**kovariant**	Fizik qonuniyatlarning biror almashtirishga nisbatan ko'rinishi o'zgarmasligini bildiradi
Ekvivalent Lagranj funktsiyasi	**Equivalent Logrange function**	**Ekvivalentnaya Lagranjevaya funktsiya**	Harakat tenglamasi bir xil bo'lib qoladigan Lagranj funktsiyalariga ekvivalent Lagranj funktsiyalari deyiladi.
Golonom bog'lanish	**Connection of golonom**	**Golonomnaya svyaz**	Bog'lanish tenglamasiga faqat koordinata va vaqt kirgan bog'lanishga aytiladi.
Skleronom bog'lanish	**Connection of skleronom**	**Skleronomnaya svyaz**	Vaqtga bog'liq bo'lmagan bog'lanishga aytiladi.
Reonom bog'lanish	**Connection of reonom**	**Reonomnaya svyaz**	Vaqtga bog'liq bo'lgan bog'lanishga aytmiladi.
Nogolonom bog'lanish	**Connection of nogolonom**	**Negolonomnaya svyaz**	Tezlikka bog'liq bo'lgan bog'lanishlar
Lagranj ko'paytuvchisi	**Multiplication of Logrange**	**Umnojitel Lagranja**	Bog'lanish bolgan holda qo'llaniladigan asosiy ko'paytuvchi
Konservativ sistemalar		**Konservativnaya sistema**	Energiyaning saqlanish qonuni bajariladigan sistema
Umumlashgan impuls	**General inpulse**	**Obobhenno'y impuls**	Umumlashgan tenglama va funktsiyalarda ishlatiladigan lekin hususiy hollarda impuls yoki impuls momenti bo'lib keladigan kattalik
To'xtash nuqtalari	**Stopping ploce**	**Tochki ostanovki**	Kinetik energiyasi nol bo'lgan nuqtalar
Finit harakat	**Movement of finite**	**Finitnoe dvijenie**	Ikki tomonlama to'xtash nuqtalari bilan chegaralangan harakatga aytiladi.

Infinit harakat	**Movement of infinite**	**Infinitnoe dvijenie**	Faqat bir tomonlama to’xtash nuqtasi bilan chegaralangan harakat
Effektiv potentsial	**Effective potencial**	**Effektivno’y potentsial**	Markazdan qochuvchi kuch orqali ifodalangan potentsialga aytiladi.
Kepler masalasi	**The Kepler problem**	**Zadacha Keplera**	Markaziy maydondagi harakatni elektrostatik maydondagi harakatga qo’llash orqali traektoriyalarni tahlil qilish masalasiga aytiladi
Nishon parametri	**Target parameter**	**Parametr misheni**	Nishon bilan uchib kelayotgan zarra orasida hech qanday kuch bo’lmaganda zarraning nishondan qanday masofada o’tib ketish masofasiga aytiladi.
Rezerford formulasi	**Formula of Rezerford**	**Formula Rezerforda**	Sochilish kesimining sochilish burchagi orqali ifodalanishi
Dissipativ funktsiya	**Dissipative fuaction**	**Dissipativnaya funktsiya**	Sistemaning energiya yo’qotishi bilan bog’liq bo’lgan, tezlikning kvadratiga bog’liq funktsiya
Tepkili tebranishlar		**Udarnoe kolebanie**	Turg’un tebranish
Kinetik koeffitsientlar	**Cinetic coefficient**	**Kineticheskie koeffitsiento’**	Ushbu koeffitsient kinetik nazariyada tushuntirilgani uchun shunday aytiladi
Kuchsiz nochiziqli tebranishlar		**Slavo’e nelineyno’e kolebaniya**	Angormonik qad bhlgandagi tebranishlar
Yuqori garmonika	**High harmonic**	**Vo’sokaya garmonika**	Yuqori chastotali tebranish
Kombinatsion chastota	**Combination frequency**	**Kombinatsionnaya chastota**	Yuqori chastotali tebranish
presessiya		**pretsessiya**	Erkin prildoqning harakati
Nutatsiya	**Notation**	**Nutatsiya**	Pirildoq yuqori uchining tebranma harakati
Kvadrupol moment	**Moment of cvadrupole**	**Kvadrupolno’y moment**	Er sharining aynan shar shaklida emasligidan kelib chio’adigan moment

Reaktsiya kuchi	**Reaction force**	**Sila reaktsii**	Bo-lanish bilan bo-lio’ bhlgan kuchga aytiladi
Gamilton funktsiyasi	**The Gamelton function**	**Gamiltonovo funktsiya**	Impuls, koordinata va vao’tga bo-lio’ bhlgan funktsiya
Gamilton tenglamalari	**The Gamelton eduations**	**Gamiltonovo uravneniya**	Birinchi tartibli differentsial, o’zaro simmetrik, tenglamalar
Raus funktsiyasi	**The Raus function**	**Raussovo funktsiya**	Siklik koordinatalarning mavjudligi evaziga Gamilton funktsiyasi o’rniga olinadigan funktsiya
Konfiguratsion fazo	**Configuration space**	**Konfiguratsionnoe prostranstvo**	Umumlashgan koordinatalar fazosi
Fazaviy fazo	**Spacel spase**	**Prostranstvennoe prostranstvo**	2s o’lchamli fazo
Lyuvill teoremasi	**Liuvill theorem**	**Teorema Lyuvilla**	Kanonik almashtirishlarda sistemaning fazaviy fazodagi hajmi o’zgarmasligi haqidagi teorema
Mopertyu printsipi	**Principl of Mopertu**	**Printsip Mopertyu**	Ta’sir minimumi variatsiyasining nolga tengligi shartiga aytiladi.
Qisqartirilgan ta’sir	**Shortened impact**	**Sokrahennoe deystvie**	Ta’sirning minimum shartiga aytimladi
buramalilik	**Spiral**	**zavixrennost**	Zarrachaning ma’lum bir o’q atrofida ma’lum bir burchak tezlik bilan aylanayotganligini anglatadi.
Kinematik yopishqoqlik	**Cinematic adhesive**	**Kinematicheskaya vyazkost**	Yopishqoqlik koeffitsientining zichlikka nisbatiga teng bo’lgan kattalik

INFORMATsION-USLUBIY TA’MINOT

ASOSIY ADABIYoTLAR

№	Muallif, adabiyot nomi, turi, nashriyot, yili, xajmi
1.	Tom W.B. Kibble, Frank H. Berkshire, Classical mechanics, Imperial College Press, 2004.
2.	Landau L.D., Lifhits E.M. Mexanika. Moskva, “Nauka”, 1973 g, 208 str.
3.	Raximov A., Otaqulov U. Klassik mexanika , Toshkent, O’qituvchi, 1992 y, 495b.
4.	Fayzullaev B.A. «Nazariy mexanika» Toshkent, O’qituvchi, 2012y, 310 b.
5.	Olxovskiy I.I. Kurs teoreticheskoy mexaniki dlya fizikov. M., MGU, 1978, 574 s.
6.	Goldsteyn G. Klassicheskaya mexanika. M., “Nauka”, 1975, 405 s..
7.	Landau L.D., Lifhits E.M. “Qisqacha nazariy fizika kursi”, T., O’qituvchi 1975 y, 105 b,
8.	Karimxo’jaev A., Latipov A.Sh. Nazariy mexanika masalalarda, o’quv qo’llanma, Toshkent, Universitet, 1992 y. 84 bet.
9.	Kotkin L.G., Serbo V.G. Sbornik zadach po klassicheskoy mexanike, M., 1977, 319 s.

QO’ShIMChA ADABIYoTLAR

№	Muallif, adabiyot nomi, turi, nashriyot, yili, xajmi
10.	Sh.M. Mirziyoev “Erkin va farovon, demokratik o’zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz”. O’zbekiston respublikasi Prezidenti lavozimiga kirishish tantanali marosimiga bag’ishlangan Oliy majlis palatalarining qo’shma majlisidagi nutqi. Toshkent “O’zbekiston” 2016, 56 b.
11.	Sh.M.Mirziyoev “Buyuk kelajagimizni mard va oliyjanob xalqimiz bilan birga quramiz” Toshkent-“O’zbekiston”-2017b 488 b.
12.	Sh.M.Mirziyoev “Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta’minlash-yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi”. O’zbekiston respublikasi Konstitutsiyasi qabul qilinganining 24 yilligiga bag’ishlangan tantanali marosimdagi ma’ruza. 2016 yil 7 dekabr. Toshkent-“O’zbekiston”-2017, 48 b.
10.	Raximov A.U .Klassik mexanika, T., “O’qituvchi”, 1988, 305 b.
13.	Bat M.I. i dr. Teoreticheskaya mexanika v primerax i zadachax. M.:”Nauka” 1972
14.	Meshcherskiy I.V. Nazariy mexanikadan masalalar to’plami, T., “O’qituvchi”, 1989, 465 b.
15.	Multanovskiy V.V. kurs teoreticheskoy fiziki. M.: “Prosveshenie” , 1988 g., 300 s.
17.	WWW.teoretmeh.ru (Tuoreticheskaya mexanika dlya vsex form obucheniya)
18.	WWW.isopromat.ru
19.	Teormex.net (Uchebniki i zadachniki po tuoreticheskoy mexanike)
20.	Teormeh.com (Teoreticheskaya mexanika, reshenie zadach)

Test savollari

Traektoriya tenglamasi qaysi?
Y q f(x)
X q f(t)
Y q f(t)
Y q f(t)
Umumlashgan koordinata qaysi?
$q_1, q_2,\ldots,q_n$
X, y, z
r, φ, θ
r, φ, θ
$Xqr^{\sin\theta\cos\varphi}$ qaysi koordinata sistemasiga o’tish formulasi?
Sferik
silindrik
Dekart
Dekart
Sistemaning holatini to’liq aniqlash uchun yetarli bo’lgan koordinatalar soni nima deyiladi?
Erkinlik darajasi
Umumlashgan koordinatalar
Sferik koordinatalar
Sferik koordinatalar
Erkinlik darajasi qaysi harf bilan belgilanadi?
S
Q
P
P
Fazodagi erkin bitta moddiy nuqtaning erkinlik darajasi qancha?
3
S
3N
Fazodagi erkin N ta moddiy nuqtaning erkinlik darajasi qancha?
3N
S
N
N
Tekislik ustidagi moddiy nuqtaning erkinlik darajasi qancha?
2
3
5
6
Bog’lanish deb nimaga aytiladi?
Jism harakatini cheklovchi to’siqlarga aytiladi

Jismni bog’lab turgan ipga aytiladi
Jism tayangan tayanchga aytiladi
Jism tayangan tayanchga aytiladi
Fazoda ikkita bir-biriga o’zgarmas uzunlikdagi ip bilan bog’langan moddiy nuqtalarning erkinlik darajasi qancha?
5
4
3
7
Tekislik ustida harakat qiluvchi bir-biri bilan o’zgarmas uzunlikdagi ip bilan bog’langan ikkita moddiy nuqtaning erkinlik darajasi qancha?
3
4
5
8
O’zaro masofalari o’zgarmaydigan uchta moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
6
9
5
10
Bitta chiziq bo’ylab harakat qilayotgan o’zaro masofalari o’zgarmaydigan ikkita moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
1
2
3
4
Bitta chiziq bo’ylab harakat qilayotgan o’zaro masofalari o’zgarmaydigan 3 ta moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
1
3
6
5
Bitta chiziq bo’ylab harakat qilayotgan o’zaro masofalari o’zgarmaydigan 4 ta moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
1
4
8
5
Bitta chiziq bo’ylab harakat qilayotgan o’zaro masofalari o’zgarmaydigan N ta moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
1
3N

N
2N
Bir tekislikda harakat qilayotgan 3 ta o’zaro bog’langan moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
3
6
9
5
Bir tekislikda harakat qilayotgan 3 ta ketma ket bog’langan moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
2
1
3
4
Bir tekislikda harakat qilayotgan 2 ta o’zaro bog’langan nuqtalar,. Ulardan biri faqat berilgan chiziqda harakatlansa erkinlik darajasi qancha?
2
1
3
4
Fazoda harakatlanayotgan 2 ta bir-biri bilan bog’langan moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
5
2
3
1
Fazoda harakatlanayotgan 3 ta ketma ket bog’langan moddiy nuqtalar sistemasining erkinlik darajasi qancha?
5
3
4
6
Fazoda harakatlanayotgan 2 ta o’zaro bog’langan, biri tekislikda, ikkinchisi esa fazoda harakatlanayotgan moddiy nuqtalar sistemesining erkinlik darajasi topilsin?
4
5
3
1
Lagranj funksiyasi qaysi?
L(q,q,t)
H(q,p,t)
L(q,p,t)

L(q,p,x)
Absolyut qattiq jismning erkinlik darasi qancha?
6
3
4
2
Fizik sistemaning hamma hossalari qanday funksiyada va qanday integralda mujassamlashgan?
Lagranj funksiyasi va ta’sir integralida
Lagranj funksiyasi va harakat integralida
Gamilton funksiyasi va ta’sir integralida
Gamilton funksiyasi va ta’sir integralida
Ta’sir integralini minimal qiymatga olib keladigan funksiya nimaga mos keladi?
Harakat traektoriyasiga
Harakat vaqtiga
Harakat tezligiga
Harakat tezlanishiga
Trayektoriya minimal ta’sirga to’gri kelishi uchun ixtiyoriy δq uchun δS nimaga teng bo’lishi kerak?
δSq0
δSqmax
δSq S
δSq min
Ushbu $\frac{\partial L}{\partial q} - \frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q} = 0$ **qanday tenglama?**
Eyler-Lagranj
Eyler
Gamilton
Eyler-Gamilton
Eyler-Lagranj tenglamasi – bu qanday tenglama?
Harakat tenglamasi
Kinematik tenglama
Statik tenglama
Kinetik energiya
Erkinlik darajalari soni S ta bo’lganda Eyler-Lagranj tenglamalari soni qancha bo’ladi?
S ta
2S ta
SG’2 ta
SG’3 ta
S ta Eyler-Lagranj tenglamalarini yechish uchun qancha boshlang’ich shartlar berilgan bo’lishi kerak?

2S ta
S ta
SG’2 ta
SG’5
Eyler-Lagranj tenglamalarini yechishda kerak bo’ladigan boshlang’ich shartlar- bu nimalar?
Boshlang’’ich koordinata va boshlang’ich tezliklar
Boshlang’’ich koordinata
Boshlang’ich tezliklar
Boshlang’ich tezlanishlar
Silindrik koordinatalar sistemasida Eyler-Lagranj tenglamalari soni qancha bo’ladi?
3 ta
1 ta
2 ta
4 ta
Fazo bir jinsli va izotrop, vaqt bir jinsli bo’lgan sistema qanday sistema?
inertsial
noinertsial
Laboratoriya sistemasi
Inertsiya markazi sistemasi
Jismning tinch yoki to’g’ri chiziqli tekis harakat holatini saqlash xossasiga nima deyiladi?
inertsiya
N’yutonning birinchi qonuni
Muvozanat
Chiziqli
Erkin jismning inertsial sistemadagi Lagranj funksiyasi qanday bo’ladi?
LqL(υ2)
LqL(r,t)
LqL(r,υ,t)
LqL(r,υ)
Fazo va vaqt bir jinsli bo’lganda $\frac{\partial L}{\partial r}$ nimaga teng?
0 ga
$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{r}}$ ga
R ga
P
Vqconst qanday qonunning ifodasi?
N’yuton birinchi qonunining
N’yutonning ikkinchi qonunining
Eyler qonunining
Bernulli qonunining

Inertsial sistemalar ko'p bo'lsa, ular bir biriga nisbatan qanday harakat qilayotgan bo'ladi?
O'zgarmas tezlik bilan
O'zgaruvchan tezlik bilan
Tezlanish bilan
Tik
Inertsial sistemalarning mexanika qonunlari nuqtai nazaridan teng huquqligi haqidagi tasdiqga nima deyiladi?
Galiley prinsipi
Eynshteyn prinsipi
Lagranj prinsipi
Gamilton prinsipi
r* q r Q vt , t* q t formulalar qanday matematik apparat?
Galiley almashtirishlari
Lo'rens almashtirishlari
Tezliklarni qo'shish qoidasi
Tezliklarni ayirish qoidasi
Inertsial sanoq sistemalarining teng kuchliligi oqibatida mexanika qonunlarining Galiley almashtirishlariga nisbatan bir xil shaklini saqlashiga nima deyiladi?
kovariant
invariant
simmetrik
additiv
v* q v Q V qanday matematik apparat?
Tezliklarni qo'shish qoidasi
Galiley almashtirishlari
Lorens almashtirishlari
Tezliklarni ayirish qoidasi
Eng qisqa ta'sir prinsipi bajarilishi uchun jism massasi qanday olinishi kerak?
Skalyar, o'zgarmas va musbat
Skalyar, tezlikka bog'lik
Skalyar, o'zgaruvchan
Skalyar, musbat
Lagranj funksiyasiga vaqt va koordinataning biror bir funksiyasining vaqt bo'yicha to'liq hosilasini qo'shsak harakat tenglamalari o'zgaradimi?
O'zgarmaydi
O'zgaradi
Keskin o'zgarib ketadi
Shakli o'zgaradi
Lagranj funksiyasiga vaqt va koordinataning biror bir funksiyasining vaqt bo'yicha to'liq hosilasini qo'shgandagi oldingi va keyingi Lagranj

funksiyalariga nima deyiladi?
Ekvivalent Lagranj funksiyalari
Simmetrik Lagranj funksiyalari
Kovariant Lagranj funksiyalari
Additiv Lagranj funksiyalari
f funksiya sifatida biror konstantaning vaqtga ko’paytmasini olsak oldingi va keyingi Lagranj funksiyalari bir biridan qanday farq qiladi?
Bir biridan konstanta c ga qarq qiladi
C2 ga farq qiladi
O’zgarmaydi
O’zgaradi
Moddiy nuqtaning harakat tufayli olgan energiyasi qanday energiya deyiladi?
Kinetik energiya
Potensial energiya
To’la energiya
Issiqlik energiya
Moddiy nuqtalarning o’zaro ta’sirlashish tufayli olgan energiyasi qanday energiya deyiladi?
Potensial
Kinetik
To’la
Elektr
L(r,θ,φ) Lagranj funksiyasi qanday koordinata sistemasi uchun?
Sferik
Silindrik
Dekart
Laboratoriya
L(r,φ,z) Lagranj funksiyasi qanday koordinata sistemasi uchun?
Silindrik
Sferik
Dekart
Laboratoriya
Lim LqLa Q L_b bu qanday xossa?
Additivlik
Invariantlik
kovariantlik
Analogik
Bog’lanishlar bo’lganda erkinlik darajasi kamayadimi, ko’payadimi?
Kamayadi
Ko’payadi
O’zgarmaydi
O’zgaradi
Bog’lanishlar f(x, y,z t) bo’’lib, ularga tezliklar kirmasa qanday bog’lanish

deyiladi?
Golonom
Skleronom
Reonom
Dinamik
Vaqtga bog’liq bo’lmagan golonom bog’lanishlar qanday bog’lanish deyiladi?
Skleronom
Reonom
Nogolonom
Golonom
Bog’lanishlar tezlikka bog’liq bo’lsa qanday bog’lanishlar deyiladi?
Nogolonom
Reonom
Skleronom
Golonom
Bog’lanishlar bo’lganda qo’llaniladigan λ nima deb ataladi?
Lagranj ko’paytuvchisi
Lagranj koeffisienti
Lagranj doimiysi
Gamilton doimiysi
Σλc qanday ma’noni beradi?
Kuch
Energiya
Tezlik
Tezlanish
Lq $\frac{m\dot{x}^2}{2}$ **-** $\frac{kx^2}{2}$ **Lagranj funksiyasiga mos keluvchi harakat tenglamasi qanday?**
M$\ddot{x}$ Q kx q0
m$\dot{x}$ Q kx q0
mx Q kx q 0
0
Fizik jarayon davomida o’zgarmaydigan kattaliklarga nima deyiladi?
Saqlanuvchi kattaliklar
O’zgarmaydigan kattaliklar
Invariant kattaliklar
Kovariant kattaliklar
Eyler-Lagranj tenglamasining birinchi integrali yoki harakat integrali deb nimaga aytiladi?
f(t,q,$\dot{q}$)qC funksiga aytiladi
f(t) funksiga aytiladi
f(x) funksiga aytiladi
f(x,t) funksiga aytiladi

f(t,q,$\dot{q}$)qC da C ning qiymati qanday aniqlanadi?
Boshlang'ich shartlar asosida
Harakat tenglamasi asosida
Koordinataning qiymatiga qarab
Vaqtning qiymatiga qarab
Umumiy holda S ta erkinlik darajasiga ega bo'lgan sistema qancha harakat integraliga ega bo'ladi?
2s-1 ta
2s ta
S-1 ta
S-2 ta
Biror bir kattalikning sistema uchun qiymati shu sistemaga kirgan qismlar uchun qiymatlarining yig'indisiga teng bo'lsa, bu qanday kattalik deyiladi?
Aggitiv kattalik
Invariant kattalik
Kovariant kattalik
Saqlanuvchi kattalik
Vaqtning bir jinsliligining natijasi bo'lgan saqlanuvchi kattalik – bu nima?
Energiya
Impuls
Impuls momenti
Kuch momenti
Lagranj funksiyasi vaqtga oshkora bog'liq bo'lmasa harakat tenglamalarining birinchi integrali qanday bo'ladi?
LqL($\dot{q}$,q)
LqL(q,t)
LqL(q)
LqL(t)
Lagranj funksiyasi vaqtga oshkora bog'liq bo'lmasa harakat tenglamalarining birinchi integrali nima bo'ladi?
Energiya
Impuls
Impuls momenti
Kuch momenti
Energiyasi saqlanuvchi sistemalarga qanday sistemalar deyiladi?
Konservativ sistemalar
Ekvivalent sistemalar
Inertsial sistemalar
Laboratoriya sistemalar
Fazoning bir jinsliligidan kelib chiqadigan saqlanuvchi kattalik – bu nima?
Impuls
Energiya
Impuls momenti

Kuch momenti
Bir jinsli fazoda sistemani bir nuqtadan ikkinchisiga ko'chirilsa Lagranj funksiyasi o'zgaradimi?
O'zgarmaydi
O'zgaradi
Vaqtga bog'liq
Koordinataga bog'liq
$\frac{\partial L}{\partial \dot{r}}$ **- bu qanday kattalik?**
Impuls
Kuch
Energiya
Impuls momenti
$\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}$ **- bu qanday kattalik?**
Umumlashgan impuls
Impuls
Umumlashgan kuch
Umumlashgan tezlik
Lagranj funksiyasi biror qi ga bog'liq bo'lmasa unga qanday koordinata deyiladi?
Siklik koordinata
Umumlashgan koordinata
Koordinata
Normal koordinata
$\dot{p}$**i q 0 ifoda nimaning saqlanishini beradi?**
Pi ning
Qi ning
Fi ning
Mi ning
Rq $\frac{\Sigma mr}{\Sigma m}$ **qanday kattalik?**
Inertsiya markazi radius vektori
Og'irlik markazi radius vektori
Umumiy radius vektor
Massa markazi radius vektor
K* sistemada sistema bir butunligicha qo'zg'almasdan turgan bo'lib, to'liq impulsi ham nolga teng bo'lsa bunday sistema qanday sistema deyiladi?
Inertsiya markazi sistemasi
Laboratoriya sistemasi
Inertsial sanoq sistemasi
Noinertsial sanoq sistemasi
Qanday sanoq sistemasida sistemaning energiyasi uning ichki energiyasiga teng bo'ladi?

Inertsiya markazi sistemasida
Laboratoriya sistemasida
Inertsial sanoq sistemasida
Noinertsial sanoq sistemasida
Fazoning izotropligi bilan bog’liq bo’lgan saqlanuvchi kattalik - bu nima?
Impuls momenti
Impuls
Energiya
Kuch momenti
Lq$^{/}$ r p] bu qanday kattalik?
Impuls momenti
Inertsiya momenti
Impuls
Kuch momenti
Sistema bir butunligicha biror burchakka burilganda uning xossalari o’zgarmasa bunday fazo qanday fazo deyiladi?
Izotrop fazo
Anizatrop fazo
Simmetrik fazo
Assimmetrik fazo
$\bar{E}$ **q** $\bar{T}$ **Q** $\bar{U}$ **q** $\frac{k+2}{2}\bar{U}$ **q** $\frac{k+2}{2}\bar{T}$ **qanday teoremani ifodalaydi?**
Virial teorema
Eyler teoremasi
Raus teoremasi
Mopertyu teoremasi
Kichik tebranishlar uchun potensial va kinetik energiyalar o’rtacha qiymatlari munosabatini ko’rsating?
$\bar{U}$ q $\bar{T}$ q $\frac{1}{2}\bar{E}$
$\bar{E}$ q- $\bar{T}/2$
$\bar{U}$ q -2 $\bar{T}$
$\bar{U}$ q -2 $\bar{T}$
Gravitatsion va Kulon maydonlarida potensial va kinetik energiyalar o’rtacha qiymatlari munosabatini ko’rsating?
$\bar{U}$ q -2 $\bar{T}$
$\bar{E}$ q- $\bar{T}/2$
$\bar{U}$ q $\bar{T}$ q $\frac{1}{2}\bar{E}$
$\bar{U}$ q $\bar{T}$ q $\frac{1}{2}\bar{E}$
Virial teoremadagi k nima?
Potensial energiya tartibi
Koeffitsient

Bikrlik
Qattiqlik koeffisienti
Birinchi tartibli differensial tenglama nima?
Koordinataning birinchi tartibli hosilasi qatnashgan tenglama
Koordinataning ikkinchi tartibli hosilasi qatnashgan tenglama
Koordinata va vaqt qatnashgan tenglama
Koordinata, tezlik va vaqt qatnashgan tenglama
Bir o’lchamli harakat tenglamasi – bu nima?
Bitta koordinata qatnashgan tenglama
Koordinataning birinchi tartibli hosilasi qatnashgan tenglama
Koordinataning ikkinchi tartibli hosilasi qatnashgan tenglama
Vaqt qatnashgan tenglama
Bir o’lchamli harakat uchun to’la energiya ifodasi qanday?
E q $\frac{\partial L}{\partial \dot{x}}\dot{x}$ - L
E q $\frac{\partial L}{\partial \dot{x}}\dot{x}$
E q $\frac{\partial L}{\partial x}$x Q L
E q $\frac{\partial L}{\partial x}$x – L
Koordinata x va vaqt t orasidagi integral orqali bog’lanishga nima deyiladi?
Kvadraturaga keltirish
Energiya orqali ifodalash
Integral ifoda
Differensial ifoda
Bir o’lchamli harakat tenglamasini yechishda nima uchun E va const lar o’zgarmas bo’ladi?
Chunki to’la energiya saqlanadi, shuning uchun
Chunki to’la energiya kinetik va potensial energiyalar yig’ndisiga teng
Chunki bu bir o’lchamli harakat
Chunki bu kinematik sistema
Bir o’lchamli harakatda to’xtash nuqtasining shartini ko’rsating?
E q U
E – U q T
E-U-T
EqU-T
Bir o’lchamli harakatdagi to’xtash nuqtasida nima uchun kinetik energiya nolga teng?
Chunki tezlik nolga teng
Chunki to’la energiya eng katta
Chunki potensial energiya katta
Chunki potensial energiya kichik
Bir o’lchamli harakatda harakat ikki tomondan to’xtash nuqtalari bilan chegaralangan bo’lsa qanday harakat deyiladi?

Finit harakat
Infinit haralat
Potensial o’ra
Dinamik harakat
Bir o’lchamli harakatda harakat faqat bir tomondan to’xtash nuqtasi bilan chegaralangan bo’lsa yoki umuman chegaralangan bo’lmasa qanday harakat deyiladi?
Infinit haralat
Finit harakat
Potensial o’ra
Dinamik harakat
Bir o’lchamli harakatda x1$\leq$ x $\leq$ x2 va U$<$ E bo’lsa, bu soha nima deyiladi?
Potensial o’ra
Finit harakat
Infinit haralat
Dinamik harakat
M q m1m2G’(m1 Q m2) qanday massa?
Keltirilgan massa
Umumiy massa
Inert massa
Yigindi massa
Potensial energiyasi faqatgina markazgacha bo’lgan masofaga bog’liq bo’lgan maydon qanday maydon deyiladi?
Markaziy maydon
Gravitatsion maydon
Kulon maydoni
Elektr maydoni
gradφ q - $\vec{E}$ qanday shart?
Potensial kuch maydoni sharti
Magnit maydoni sharti
Dipol maydoni sharti
Elektr maydoni sharti
gradφ q - $\vec{E}$ ning ma’nosi nima?
φ skalyar kattalikning eng katta o’sish yo’nalishi kuchlanganlik yo’nalishiga qarshi
φ kattalikning o’sish yo’nalishi maydon kuchlanganligi yo’nalishiga qarshi
φ skalyar kattalikning eng katta o’sish yo’nalishi kuchlanganligi yo’nalishi bilan bir xil
φ skalyar kattalikning eng katta o’sish yo’nalishi kuchlanganligi yo’nalishi bilan har xil
U*(r) qU(r) Q M2G’(2mr2) qanday ifoda?
Effektiv potensial
Markazdan qochma kuch

Potensial o’ra
Potensial energiya
- $\frac{\alpha}{r}$ qanday energiya?
Markaziy maydondagi potensial energiya
Markaziy maydondagi kinetik energiya
Radiusga teskari kattalik
Radiusga bogliq kattalik
Markaziy maydonda effektiv potensial qachon minimumga erishadi?
r0 q M2G’(mα) da
R min da
R max da
R q0 da
Markaziy maydondagi moddiy nuqta orbitasida markazga eng yaqin nuqta nima deyiladi?
perigeliy
apogeliy
ekssentrisitet
Yaqin nuqta
Markaziy maydondagi moddiy nuqta orbitasida markazga eng uzoq nuqta nima deyiladi?
apogeliy
perigeliy
ekssentrisitet
Uzoq nuqta
Markaziy maydondagi orbita ellips bo’lishi uchun ekssentrisitetning qiymati qanday bo’lishi kerak?
e$<$1
e q 1
e >1
e q 0
Markaziy maydondagi orbita aylana bo’lishi uchun ekssentrisitetning qiymati qanday bo’lishi kerak?
e q 0
e$<$1
e q 1
e ≥1
Markaziy maydondagi orbita parabola bo’lishi uchun ekssentrisitetning qiymati qanday bo’lishi kerak?
e q 1
e q 0
e$<$1

e ≥0
Markaziy maydondagi orbita giperbola bo'lishi uchun ekssentrisitetning qiymati qanday bo'lishi kerak?
e > 1
e q 0
e$<$1
e ≥0
Markaziy maydondagi sochilish jarayonlari qanday harakatga kiradi?
Infinit harakat
Finit harakat
Mexanik harakat
Tebranma harakat
Markaziy maydondagi zarralar sochilishida ρ parametrning nomi nima?
Nishon parametri
Sochilish parametri
Og'ish parametri
Yaqinlashish parametri
Markaziy maydondagi zarralar sochilishida θ parametrning nomi nima?
Sochilish burchagi
Og'ish burchagi
Nishon parametri
Nishon parametri
Markaziy maydondagi zarralar sochilishida φ0 parametrning nomi nima?
Og'ish burchagi
Sochilish burchagi
Nishon parametri
Tarqalish burchagi
m$\ddot{x}$ Q kx q 0 tenglama qanday tebranma harakat tenglamasi?
Erkin tebranishlar tenglamasi
Majburiy tebranishlar tenglamasi
So'nuvchi tebranishlar tenglamasi
Kichik tebranishlar tenglamasi
m$\ddot{x}$ Q kx q 0 tenglama qanday tebranma harakat tenglamasi?
Garmonik ossilyator tenglamasi
Majburiy tebranishlar tenglamasi
Majburiy tebranishlar tenglamasi
Ilgarilanma harakat tenglamasi
ω qanday chastota?
siklik
nosiklik
chiziqli
Harakat chastotasi

ν qanday chastota?
Tebranishlar chastotasi
siklik
chiziqli
Harakat chastotasi
ωt Q α da α nima?
Boshlang’ich faza
faza
amplituda
burchak
m$\ddot{x}$ Q kx q F(t) qanday tebranish tenglamasi?
Majburiy
Erkin
So’nuvchi
Kichik
ω q $\sqrt{\frac{k}{m}}$ qanday mayatnikning siklik chastotasi?
Prujinali
Matematik
Fizik
Ossilyator
ω q $\sqrt{\frac{g}{l}}$ qanday mayatnikning siklik chastotasi?
Matematik
Prujinali
Fizik
Ossilyator
m$\ddot{x}$ Q kx q - α$\dot{x}$ qanday tebranma harakat tenglamasi?
So’nuvchi
Erkin
Majburiy
Kichik
F q $\frac{1}{2}$ α$\dot{x}^2$ qanday funksiya deyiladi?
Dissipativ funksiya
Kuch funksiyasi
So’nish funksiyasi
O’sish funksiyasi
So’nuvchi tebranishlarning qay darajada uzoq davom etishini xarakterlaydigan kattalikka nima deyiladi?
Asillik
Davomiylik
So’nuvchanlik

O’suvchanlik
$\ddot{x}$ **Q 2λ**$\dot{x}$ **Q**ω_0^2**x q** $\frac{f}{m}\cos(\gamma t)$ **qanday tebranishlar tenglamasi?**
Ishqalanish bo’lgandagi majburiy tebranishlar
Majburiy tebranishlar
Sonuvchi tebranishlar
Rezonans tebranishlar
$\ddot{q}$ **Q** ω^2 **q q 0 qanday tebranishlar tenglamasi?**
Elektr
mexanik
dinamik
elektrostatik
L q $\frac{1}{2}$**L**$\dot{q}^2$ **-** $\frac{1}{2}\frac{q}{c}$ **bu qanday harakat uchun Lagranj funksiyasi?**
Elektr tebranishlar
Mexanik tebranishlar
Molekulyar tebranishlar
Matematik tebranishlar
Elektr qarshilik qatnashgan dissipativ funksiya qaysi?
F q $\frac{1}{2}$R$\dot{q}^2$
F q $\frac{1}{2}$ α$\dot{x}^2$
F q - α$\dot{x}$
F q - α$\dot{x}$
L q $\frac{m\dot{x}^2}{2}$ **-** $\frac{kx^2}{2}$ **-** $\frac{m\beta}{4}x^4$ **bu qanday Lagranj funksiyasi?**
Kuchsiz nochiziqli tebranishlar uchun
Majburiy tebranishlar uchun
So’nuvchi tebranishlar uchun
Kichik tebranishlar uchun
$\ddot{x}$ **Q** ω_0^2**x q - β**x^3 **Qanday tebranma harakat tenglamasi?**
Kuchsiz nochiziqli tebranishlar uchun
Majburiy tebranishlar uchun
So’nuvchi tebranishlar uchun
Kichik tebranishlar uchun
$\frac{m\dot{x}^2}{2}$ **Q** $\frac{kx^2}{2}$ **Q** $\frac{m\beta}{4}x^4$ **bu qanday energiya?**
Kuchsiz nochiziqli tebranishlar uchun
Majburiy tebranishlar uchun
So’nuvchi tebranishlar uchun
Kichik tebranishlar uchun
Har qanday harakatda moddiy nuqtalari orasidagi masofa o’zgarmaydigan jismga nima deyiladi?

Qattiq jism
Suyuq jism
Noelastik jism
Elastik jism
Qattiq jismning erkinlik darajasi qancha?
6 ta
9 ta
3 ta
4ta
Qattiq jism kinetik energiyasi qani?
T q $\frac{1}{2}$mV^2 Q $\frac{1}{2}\Omega_i I_{ij}\Omega_j$
T q $\frac{1}{2}$mV^2
T q $\frac{I\omega^2}{2}$
T q $\frac{I\omega^2}{2}$
Qattiq jismning Lagranj funksiyasi qani?
L q $\frac{1}{2}$mV^2 Q $\frac{1}{2}\Omega_i I_{ij}\Omega_j$ -U
L q $\frac{1}{2}$m$V^2 - U$
L q $\frac{I\omega^2}{2}$ - U
L q $\frac{I\omega^2}{2}$ - U
I_{ij} **q** I_{ji} **bu munosabat nimani bildirasi?**
Inertsiya tenzorining simmetrikligini
Inertsiya tenzorining antisimmetrikligini
Inertsiya tenzorining muvozanatini
Inertsiya tenzorining nomuvofiqligini
$\frac{2mR^2}{5}$ **ifoda qanday jismning inertsiya momenti?**
Bir jinsli sharning
Silindrning
Konusning
Xalqaning
$\frac{mR^2}{2}$ **ifoda qanday jismning inertsiya momenti?**
Silindrning
Bir jinsli sharning
Konusning
Xalqaning
$\frac{ml^2}{12}$ **ifoda qanday jismning inertsiya momenti?**
ι uzunlikdagi sterjenning

Silindrning
Bir jinsli sharning
Bir jinsli sharning
mR^2 ifoda qanday jismning inertsiya momenti?
ingichka doiraviy xalqaning
Silindrning
Bir jinsli sharning
Bir jinsli sterjenning
Eyler burchaklari qaysi?
φ, ψ, θ
φ, ψ, γ
α, β, γ
α, β, Ω
Eyler tenglamalari qanday?
φ qf1(t), ψ q f2(t), θ q f3(t)
φ q f(ψ,θ)
θ q ψ Q φ
θ q ψ G’ φ
F q $\frac{dP}{dt}$ qanday tenglama?
Ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
N’yutonning ikkinchi qonuni
N’yutonning uchinchi qonuni
M q $\frac{dL}{dt}$ qanday tenglama?
Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
Ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
N’yutonning ikkinchi qonuni
N’yutonning uchinchi qonuni
Bog’lanishlar bilan bog’’liq kuchlarga nima deyiladi?
Reaksiya kuchlari
Aktiv kuchlar
Reaktiv kuchlar
Real kuchlar
H(q,p) q p $\dot{q}$ - L qanday funksiya?
Gamilton
Lagranj
Eyler
Eyler-Lagranj
$\dot{q}$ q $\frac{\partial H}{\partial p}$ va $\dot{P}$ q -$\frac{\partial H}{\partial q}$ qanday tenglamalar deyiladi?
Gamilton tenglamalari

Lagranj tenglamalari
Eyler tenglamalari
Eyler-Lagranj tenglamalari
L(q,$\dot{q}$) q P$\dot{q}$ - H qanday funksiya?
Lagranj
Gamilton
Eyler
Eyler-Lagranj
$\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}$ **nimani beradi?**
Umumlashgan impulsni
Kuchni
Energiyani
Impuls momentini
$\frac{\partial L}{\partial q}$ **nimani beradi?**
Umumlashgan kuchni
Impulsni
Energiyani
Kuch momentini
Siklik koordinatalarning mavjudligida Gamilton funksiyasi o’rnida qanday funksiyani olish mumkin?
Raus funksiyasini
Lagranj funksiyasini
Eyler funksiyasini
Mopertyu funksiyasini
{f,g} q Σ($\frac{\partial f}{\partial p_i}\frac{\partial g}{\partial q_i}$ - $\frac{\partial f}{\partial q_i}\frac{\partial g}{\partial p_i}$) qanday qavs deyiladi?
Puasson qavslari
Raus qavslari
Gamilton qavslari
Dekart qavslari
Qi q Qi(q,t) qanday almashtirish deyiladi?
Kanonik
Umumiy
Ta’sir
Dekart
Kanonik formalizmni 2s o’lchamli (q_i, p_i), iq1,…,s fazo tilida ifodalashga nima deyiladi?
Fazoviy fazo
Kanonik fazo
Matematik fazo
Geometrik fazo

Kanonik almashtirishlarda (Q,P) juftlikka nima deyiladi?
Kanonik qo’shma o’zgaruvchilar deyiladi
Kanonik juft o’zgaruvchilar
Kanonik juft almashtiruvchilar
Kanonik nojuft almashtiruvchilar
Gamilton funksiyasi vaqtga oshkora bog’liq bo’lmagandagi ta’sirning quyidagi ko’rinishiga: S0 q $\int p\, dq$ nima deyiladi:
Qisqartirilgan ta’sir
Boshlangich ta’sir
Ixcham ta’sir
Zarba
Ta’sirning ushbu minimum shartiga: δS0 q 0 nima deyiladi?
Mopertyui prinsipi
Yakobi prinsipi
Lyuvill prinsipi
Yakobi prinsipi
Qisqartirilgan ta’sir uchun yozilgan ushbu tenglamaga nima deyiladi:H($\frac{\partial S_0}{\partial q_1}$,$\frac{\partial S_0}{\partial q_2}$,…,$\frac{\partial S_0}{\partial q_s}$,$q_1$,$q_2$,…$q_s$)qE ?
Gamilton-Yakobi tenglamasi
Yakobi sharti
Eyler-Lagranj tenglamasi
Eyler-Gamilton tenglamasi
Ta’sir-burchak o’zgaruvchilarda hosil bo’lgan: I q $\frac{1}{2\pi}\oint p\,dq$ integralning ma’nosi nima?
Bir marta aylanishga mos keladigan yopiq konturning sirtiga teng
Bir marta aylanishga mos keladigan yopiq konturning uzunligiga teng
Bir marta aylanishga mos keladigan yopiq konturning o’ziga teng
Bir marta aylanishga mos keladigan yopiq konturning yuziga teng
Ta’sir-burchak o’zgaruvchilarda ϕ ga nima deyiladi?
Burchak o’zgaruvchilar
Kanonik o’zgaruvchilar
Ta’sir o’zgaruvchilar
Fazoviy o’zgaruvchilar
Adiabatik invariantlar mavzusida ω ning juda sekin o’zgarishi qanday o’zgarish deb olingan?
Adiabatik ravishda
Invariant ravishda
Kovariant ravishda
Additiv ravishda
Adiabatik invariantlar mavzusida sistema parametri ω ning juda sekin-adiabatik ravishda o’zgarayotganligi ma’lum bir saqlanuvchi kattaliklarning

mavjudligiga olib keladi. Bunday kattaliklarning umumiy nomi nima?
Adiabatik invariantlar
Invariantlar
Kovariantlar
Kovariant invariantlar
I q EG’ω kattalik mayatnik uchun nima deb ataladi?
Ta’sir o’zgaruvchisi
O’zgarmas
Energiyaning chastotaga bog’liqligi
Energiyaning intensivlikka bog’liqligi
Matematik mayatnik uzunligining adiabatik o’zgarishi qanday nisbatning invariantligiga olib kelgan?
EG’ω ning
gG’l ning
ΔωG’ω ning
Δω×ω ning
Tutash muhit deganda nimani tushunamiz?
Suyuqlik va gazlarni
Suyuqliklarni
Gazlarni
Qattiq jismlarni
<Suyuqlik zarrachasi> deganda nimani tushunamiz?
Uning ichida ham molekulalar soni ko’p bo’lishi kerak
U bitta molekuladan iborat bo’lishi kerak
U bitta atomdan iborat bo’lishi kerak
U bitta yadrodan iborat bo’lishi kerak
Suyuqliklar mexanik harakatini qanday fizik kattaliklar ifodalaydi?
Zichlik, bosim va tezlik
Bosim, kuch va tezlanish
Zichlik, tezlik va tezlanish
Zichlik, hajm va tezlanish
$\int \rho dV$ **nimani beradi?**
Modda miqdorini
Ta’sirni
Hajmni
Kuchni
$\frac{\partial}{\partial t}\int \rho dV$ **ushbu integral nimani bildiradi?**
Modda miqdorining o’zgarish tezligini
Hajmning o’zgarish tezligi
Zichlikning o’zgarish tezligi
Bosimning o’zgarish tezligi
Tutash muhitlarda oqim zichligi deb nimaga aytiladi?

Birlik vaqt ichida birlik sirtdan o’tgan modda miqdori
Oqim tezligiga aytiladi
Zichlikning o’zgarishiga aytiladi
Bosimning o’zgarishiga aytiladi
Tutash muhitlarda oqim zichligi ifodasi qanday?
^{j}q ρv
ρ ning o’ziga
dV ga aytiladi
dρ ga aytiladi
Tutash muhitlarda - $\oint ds\ j$ **integral nimani bildiradi?**
V hajmni o’z ichiga olgan sirt S orqali suyuqlik oqimi tezligini bildiradi
V hajmni o’z ichiga olgan sirt S orqali suyuqlik oqimini bildiradi
V hajmni o’z ichiga olgan sirt S orqali suyuqlik oqimi miqdorini bildiradi
V hajmni o’z ichiga olgan sirt S orqali suyuqlik oqimi o’sishini bildiradi
Tutash muhitlarda - $\oint ds\ j$ **integralda minus ishora nimani bildiradi?**
Suyuqlik hajmdan oqib chiqib ketayotganligini
Suyuqlik hajmga kirib kelayotganligini
Suyuqlik sirtdan o’tayotganligini
Suyuqlik sirtda qolishini
Tutash muhitlarda yopiq sirtga o’tkazilgan normal vektor bilan oqim vektori orasidagi burchak qanday bo’’]lganda suyuqlik hajmga kiradi?
O’tmas bo’lganda
O’tkir bo’lganda
To’g’ri burchak bo’lganda
Nol burchak bo’lganda
Tutash muhitlarda yopiq sirtga o’tkazilgan normal vektor bilan oqim vektori orasidagi burchak qanday bo’’]lganda suyuqlik hajmdan chiqadi?
O’tkir bo’lganda
O’tmas bo’lganda
To’g’ri burchak bo’lganda
Nol bo’lganda
Tutash muhitlarda $\frac{\partial \rho}{\partial t}$ **Q div(ρv) q 0 tenglik nimani bildiradi?**
Uzluksizlik tenglamasi
Bernulli tenglamasi
Tezlik sirkulyatsiyasi
Eyler tenglamasini
Siqilmaydigan suyuqlik sharti qanday?
ρ q const
ρv q 0
ρ $\neq const$
ρ q0

Siqilmaydigan suyuqlik uchun uzluksizlik tenglamasi qanday?
div v q 0
div v $\neq 0$
$\frac{\partial \rho}{\partial t}$ q 0
Grad ρq 0
Muvozanatda turgan suyuqliklarda bosimning qanday xossasi o'rinli bo'ladi?
Bosimning izotropligi
Bosimning anizatropligini
Bosimning muvozanati
Bosimning o'zgarishi
Tutash muhitlarda $-\frac{\partial p}{\partial x}$**Δx nimani bildiradi?**
X yo'nalishida ta'sir qilayotgan kuchni bildiradi
Y yo'nalishida ta'sir qilayotgan kuchni bildiradi
Z yo'nalishida ta'sir qilayotgan kuchni bildiradi
H yo'nalishida ta'sir qilayotgan kuchni bildiradi
Tutash muhitlarda - $\frac{\partial p}{\partial x}$**ΔV ifoda nimani bildiradi?**
Suyuqlik nuqtasiga ta'sir qilayotgan kuchni
Suyuqlikka ta'sir qilayotgan kuchni
Bosim o'zgarishini
Hajm o'zgarishini
Tutash muhitlarda **-** $\int dV\,\nabla p$ **ifoda nimani bildiradi?**
Chekli V hajm uchun bosim o'zgarishi orqali ta'sir qilayotgan kuch
Chekli V hajm uchun bosim o'zgarishini
Chekli V hajm uchun bosim o'zgarishi tufayli oqib chiqqan suyuqlikni
Chekli V hajm uchun bosim o'zgarishi tufayli kirib kelgan suyuqlikni
Tutash muhitlarda **- ∇p nimani bildiradi?**
Bosim kuchining zichligini
Bosim o'zgarishini
Bosim gradientini
Bosim divergensiyasini
Tutash muhitlarda $\rho\frac{dv}{dt} = -\nabla p + f$ **da f nima?**
Bosim kuchidan boshqa kuchlar zichligi
Tashqi kuch
Ichki kuch
Bosim kuch
Tutash muhitlarda $\frac{\partial v}{\partial t} + (v\,\nabla)v = -\frac{\nabla p}{\rho}$ **tenglik nima deyiladi?**
Eyler tenglamasi
Bernulli tenglamasi
Uzluksizlik tenglamasi

Lagranj tenglamasi
Tutash muhitlarda $\frac{\partial v}{\partial t} + (v\,V)v = -\frac{\nabla p}{\rho}$ **Q g tenglik nima deyiladi?**
Suyuqlik tashqi gravitatsion maydonda bo'lgandagi Eyler tenglamasi
Suyuqlik tashqi gravitatsion maydonda bo'lgandagi Bernulli tenglamasi
Suyuqlik tashqi gravitatsion maydonda bo'lgandagi Uzluksizlik tenglamasi
Suyuqlik tashqi gravitatsion maydonda bo'lgandagi Gamilton tenglamasi
f q gρ nimani bildiradi?
Gravitatsion maydonda og'irlik kuchi zichligi
Bosim kuchidan boshqa kuchlar zichligi
Tezlanish zichligi
Bosim kuchi zichligini
Tutash muhitlarda **- ∇p Q ρg q 0 tenglik nima?**
Gravitatsion maydonda qimirlamay turgan suyuqlik uchun Eyler tenglamasi
Gravitatsion maydonda qimirlamay turgan suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi
Gravitatsion maydonda qimirlamay turgan suyuqlik uchun uzluksizlik tenglamasi
Gravitatsion maydonda qimirlamay turgan suyuqlik uchun Gamilton tenglamasi
Tutash muhitlarda $\frac{\partial v}{\partial t} + (v\,V)v = -\frac{\nabla p}{\rho}$ **dagi minus ishora nimani bildiradi?**
Suyuqlikning bosim yuqori nuqtalan bosim past tomonga ko'chishini bildiradi
Suyuqlikning bosim past nuqtalan bosim yuqori tomonga ko'chishini bildiradi
Suyuqlik zichligining pasayishini bildiradi
Suyuqlik zichligining o'sishini bildiradi
Tutash muhitlarda **p - ρgz nimani bildiradi?**
Eyler tenglamasining harakat integralini
Eyler tenglamasining xususiy holini
Bosimning ortishini
Bosimning kamayishini
Tutash muhitlarda $\frac{\partial v}{\partial t} - [v\,rot\,v] = -\frac{1}{2}\nabla v^2 - \frac{\nabla p}{\rho}$ **- ∇φ nima?**
Eyler tenglamasining yana bir ko'rinishi
Bernulli tenglamasi
Uzluksizlik tenglamasi
Lagranj tenglamasi
Tutash muhitlarda $\frac{1}{2}v^2 + \frac{p}{\rho} + \varphi$ **ifoda nimani bildiradi?**
Statsionar oqim uchun Eyler tenglamasining birinchi integrali
Bernulli tenglamasi
Uzluksizlik tenglamasi
Dinamik tenglamani
Tutash muhitlarda $\frac{1}{2}v^2 + \frac{p}{\rho} + \varphi$ **q const nima?**
Bernulli tenglamasi
Eyler tenglamasi

Uzluksizlik tenglamasi
Dinamik tenglamani
$zichlikning\ o'zgarmasligi\ hisobga\ olinsa\ \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho\varphi + p = const$ **nima?**
Bernulli tenglamasi
Eyler tenglamasi
Uzluksizlik tenglamasi
Dinamik tenglamani
Bernulli tenglamasida $\frac{1}{2}\rho v^2$ **nimani bildiradi?**
Suyuqlik zarrachasining kinetik energiya zichligi
Tashqi gravitatsion maydonda potensial energiya zichligi
Termodinamika qonunlari bo'yicha ichki energiya zichligi
Termodinamika qonunlari bo'yicha kinetik energiya zichligi
Bernulli tenglamasiuda $\rho\varphi$ **had nimani bildiradi?**
Tashqi gravitatsion maydonda potensial energiya zichligi
Suyuqlik zarrachasining kinetik energiya zichligi
Termodinamika qonunlari bo'yicha ichki energiya zichligi
Termodinamika qonunlari bo'yicha kinetik energiya zichligi
Bernulli tenglamasiuda p **had nimani bildiradi?**
Termodinamika qonunlari bo'yicha ichki energiya zichligi
Tashqi gravitatsion maydonda potensial energiya zichligi
Suyuqlik zarrachasining kinetik energiya zichligi
Suyuqlik zarrachasining potensial energiya zichligi
Tutash muhitlarda $rot\boldsymbol{v} = 0$ **-bu qanday shart?**
Oqimning potensiallilik sharti
Oqimning uyurmalilik sharti
Oqimning mavjudlik sharti
Oqimning bo'lmaslik sharti
$rot\boldsymbol{v} = 0$ **ning yechimi qanday?**
$v = grad\varphi$
g q -grad φ
$div\ \boldsymbol{v} \neq 0$
$div\ \boldsymbol{v} \neq 0$
$v = grad\varphi$ **da φ nima?**
Tezlik potensiali
Tezlanish potensiali
Kuchlanganlik potensiali
Kuchlanganlik potensiali
$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = const$ **qanday ifoda?**
φ vaqtga bog'liq bo'lmagan hol uchun Bernulli tenglamasi
φ vaqtga bog'liq bo'lmagan hol uchun Eyler tenglamasi

φ vaqtga bog’liq bo’lmagan hol uchun uzluksizlik tenglamasi
φ vaqtga bog’liq bo’lmagan hol uchun uzluksizlik tenglamasi
$\frac{\partial v}{\partial t} + (v\,\nabla)v = -\frac{\nabla p}{\rho} + \nu\Delta v \; bu \; qanday \; ifoda?$
Naviye-Stoks tenglamasi
Bernulli tenglamasi
Eyler tenglamasi
Eyler tenglamasi
$\frac{\partial v}{\partial t} + (v\,\nabla)v = -\frac{\nabla p}{\rho} + \nu\Delta v$ **Qg bu qanday ifoda?**
Gravitatsion maydonni hisobga olgandagi Naviye-Stoks tenglamasi
Gravitatsion maydonni hisobga olgandagi Bernulli tenglamasi
Gravitatsion maydonni hisobga olgandagi Eyler tenglamasi
Gravitatsion maydonni hisobga olgandagi Eyler tenglamasi
Siqilmaydigan yopishqoq suyuqliklarga nima deyiladi?
Nyuton suyuqliklari
Stoks suyuqliklari
Naviye suyuqliklari
Bernulli suyuqliklari
ηG’ρ qanday kattalik?
Kinematik yopishqoqlik
yopishqoqlik
Dinamik yopishqoqlik
Naviye suyuqliklari
Tutash muhitlarda $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho_0 div\, v = 0$ **qanday tenglama?**
Tovush uchun uzliksizlik tenglamasi
Tovush uchun Eyler tenglamasi
Tovush uchun Bernulli tenglamasi
Tovush uchun Bernulli tenglamasi
Tutash muhitlarda $\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\nabla p}{\rho_0}$ **bu qanday tenglama?**
Tovush uchun Eyler tenglamasi
Tovush uchun uzliksizlik tenglamasi
Tovush uchun Bernulli tenglamasi
Tovush uchun Bernulli tenglamasi
Tutash muhitlarda $\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x} = 0$ **bu qanday tenglama?**
Bitta koordinata bo’yicha yassi to’lqin tenglamasi
Bitta koordinata bo’yicha Eyler tenglamasi
To’lqin tenglamasi
Sferik to’lqin tenglamasi
Tutash muhitlarda $v\frac{dv}{dx} = -\frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx}$ **bu qanday tenglama?**

Statsionar oqim uchun bir o'lchamli Eyler tenglamasi
Statsionar oqim uchun bir o'lchamli to'lqin tenglamasi
Statsionar oqim uchun bir o'lchamli Bernulli tenglamasi
Statsionar oqim uchun bir o'lcham dinamiktenglama
Tutash muhitlarda $M = \frac{v}{c}$ **nisbatga nima deyiladi?**
Mach soni
Marsh soni
Tezliklar soni
Massa soni
sanoq boshini kuzatilayotgan jism bilan bog'lovchi yo'nalishli chiziq bu … ?
radius vektor
sanoq sistemasi
birlik vektor
radius
klassik tasavvurga binoan fazo … , izotropik xossaga ega.
1 jinsli
1 jinsli emas
Ideal
chiziqli
Fazo va vaqt tushunchasi 1-bo'lib kim ilmiy taklif kiritgan?
Nyuton
Lorens
Logranj
Galiley
Yer bilan bog'liq sanoq sistemasi bu … sanoq sistemasi deyiladi.
Geosentrik
Geleosentrik
Insentrik
Inertsial
Quyida keltirilganlardan konservativ kuchlarni aniqlang.
Gravitatsion, elektr va elastik
Ishqalanish kuchi, qarshilik kuchi
Mashinalarning tortishish kuchlari
Mashinalarning itarishish kuchlari
O'zaro mustahkam bog'langan nuqtalar sistemasiga nima deyiladi?
Qattiq jism
Kuch momenti
Aylanish davri
Tutash muhit
Jismlarning o'zaro tortishish kuchlari orqali aniqlangan massasiga … deyiladi.
Gravitatsion massa
Inert massa

Og'irlik kuchi
Tortishish kuchi
Inertsiya momenti o'lchov birligi to'g'ri ko'rsatilgan qatorni belgilang.
1 kg·m2
vatt·m2
1kg·m2
KgG'm
Ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi to'g'ri ko'rsatilgan qatorni belgilang.
Fqm·a
MqI·E
MqF·r
F12q-F21
Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi to'g'ri ko'rasilgan qatorni belgilang
MqI·ε
Fqm·a
MqF·r
F12q-F21
Ilgarilama harakatda impuls bajaradigan vazifani aylanma harakatda … bajaradi.
Impuls momenti
Kuch momenti
Inertsiya momenti
Energiya
Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi berilgan qatorni toping.
WkqI·w2G'2
Wkqm·v2G'2
Wkqmgh
Wkqmg
Klassik mexanikada qanday kattaliklar invariant kattaliklardir?
Vaqt, kesmaning uzunligi, massa
massa, uzunlik
vaqt, hajm
bosim, kuch
Tezliklar uchun Lorens almashtirishlari to'g'ri berilgan qatorni toping.
$v = \dfrac{v' + u}{1 + \dfrac{u \cdot v'}{c^2}}$
$\bar{v} = \overline{v'} + \bar{u}$

$v = v_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
Vq0
O’zaro to’qnashganda ichki holati o’zgarmaydigan to’qnashuvlarga … deyiladi.
Elastik to’qnashuv
noelastik to’qnashuv
simmetrik to’qnashuv
Sochilish
Turg’un muvozanat holatiga shunday holat mos keladiki bunda energiya potensial energiyaning … qiymatiga erishadi.
Minimum
Maksimum
∞ ga intilganda
O’rtacha
Bir o’lchovli kichik tebranishlar uchun Logranch funksiyasi $L = \frac{mx^2}{2} - \frac{kx^2}{2}$ **ifodani qabul qiladi. Bunga mos keluvchi harakat tenglamsi… .**
$m\ddot{x} + kx = 0$
$mx + kx = 0$
$m\dot{x} + kx = 0$
$mx + kx = 0$
Qattiq jism 6 ta erkinlik darajasiga ega bo’lganligi sababli harakatni o’rganish uchun … ta tenglama kerak bo’ladi.
6 ta
4 ta
3 ta
2 ta
Jism qo’zg’alganda biror nuqtasi qo’zg’almasdan qolsa … harakat deyiladi.
Qo’zg’almas nuqta atrofidagi
ilgarilama
aylanma, tebranma
to’g’ri javob yo’q
Assimmetrik pirildoqning harakati qanday harakatga misol bo’ladi?
Sferik
Ilgarilama
Tebranma
Tekis parallel
Qattiq jism harakatini nechta koordinata sistemasi harakterlaydi?
2 ta
3 ta

1 ta
koordinataga bog’liqmas
O’zaro masofalari o’zgarmaydigan 3 ta moddiy nuqta sistemasining erkinlik darajasini toping.
6 ta
3 ta
9 ta
12 ta
2 ta inersiya momenti teng bo’lgan qattiq jismga … deyiladi.
Simmetrik pirildoq
simmetrik bo’lmagan pirildoq
shar pirildoq
Elastik jism
3 ta inersiya momenti teng bo’lgan qattiq jismga … deyiladi.
Shar pirildoq
simmetrik pirildoq
nosimmetrik pirildoq
Silindr pirildoq
Agar bog’lanishlarga tezliklar kirmasa bunday bog’lanish … bog’lanish deyiladi.
Galanom
Nogalanom
Rianom
Sikliranom
Sistemaning holatini to’liq aniqlash uchun yetarli bo’lgan koordinatalar soni … deyiladi.
Erkinlik darajasi
troyektoriya
umumlashgan koordinata
ta’sir integrali
Fizik jarayon davomida o’z qiymatini o’zgartirmaydigan kattaliklar … kattaliklar deyiladi.
Saqlanuvchan
Addativ
o’zgaruvchan
fundamental
Gravitatsion maydon qanday tabiatga ega?
Tortishish
tortishish – itarilish
to’yinish
itarishish
Kulon maydoni qanday tabiatga ega?
Tortishish va itarishish

tortishish
itarishish
To'yinish
Massasi m, uzunligi l ga teng bo'lgan bir jinsli sterjenning o'rtasidan perpendikulyar o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
$\frac{ml^2}{12}$
$\frac{ml^2}{2}$
$\frac{ml^2}{4}$
$\frac{ml^2}{8}$
Massasi m radiusi R bo'lgan idishning markazidan unga perpendikulyar o'tgan o'qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
$\frac{mR^2}{2}$
$\frac{mR^2}{4}$
$\frac{mR^2}{12}$
$\frac{mR^2}{8}$
Bola muz ustida qo'llarini yozgan holda aylanma harakat qilmoqda. Agar bola qo'llarini yopiq holatga keltirsa, uning w burchak tezligi qanday o'zgaradi?
Ortadi
Kamayadi
o'zgarmaydi
Nolga erishadi
Sayyoralar quyosh atrofida … bo'ylab harakat qiladi.
Ellips
Aylanma
Parabola
Giperbola
Mexanik energiyaning saqlanish qonuni faqat … kuchlar ta'siridan holi bo'lgan yopiq sistema uchun o'rinli.
Tashqi
Ichki
Elastik
Inersiya

Bog’lanish deb nimaga aytiladi?
Jism harakatini cheklovchi to’siqlarga aytiladi
Jismni bog’lab turgan ipga aytiladi
Jism tayangan tayanchga aytiladi
Jism tayangan tayanchga aytiladi
Sayyoralar quyosh atrofida … bo’ylab harakat qiladi.
Ellips
Aylanma
Parabola
Giperbola
Mexanik energiyaning saqlanish qonuni faqat … kuchlar ta’siridan holi bo’lgan yopiq sistema uchun o’rinli.
Tashqi
Ichki
Elastik
Inersiya
2 ta inersiya momenti teng bo’lgan qattiq jismga … deyiladi.
Simmetrik pirildoq
simmetrik bo’lmagan pirildoq
shar pirildoq
Elastik jism
3 ta inersiya momenti teng bo’lgan qattiq jismga … deyiladi.
Shar pirildoq
simmetrik pirildoq
nosimmetrik pirildoq
Silindr pirildoq
Agar bog’lanishlarga tezliklar kirmasa bunday bog’lanish … bog’lanish deyiladi.
Galanom
Nogalanom
Rianom
Sikliranom
Sistemaning holatini to’liq aniqlash uchun yetarli bo’lgan koordinatalar soni … deyiladi.
Erkinlik darajasi
troyektoriya
umumlashgan koordinata
ta’sir integrali
Fizik jarayon davomida o’z qiymatini o’zgartirmaydigan kattaliklar … kattaliklar deyiladi.
Saqlanuvchan
Addativ
o’zgaruvchan

fundamental
Gravitatsion maydon qanday tabiatga ega?
Tortishish
tortishish – itarilish
to’yinish
itarishish
Kulon maydoni qanday tabiatga ega?
Tortishish va itarishish
tortishish
itarishish
To’yinish
Massasi m, uzunligi l ga teng bo’lgan bir jinsli sterjenning o’rtasidan perpendikulyar o’tgan o’qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
$\frac{ml^2}{12}$
$\frac{ml^2}{2}$
$\frac{ml^2}{4}$
$\frac{ml^2}{8}$
Massasi m radiusi R bo’lgan idishning markazidan unga perpendikulyar o’tgan o’qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
$\frac{mR^2}{2}$
$\frac{mR^2}{4}$
$\frac{mR^2}{12}$
$\frac{mR^2}{8}$
Bola muz ustida qo’llarini yozgan holda aylanma harakat qilmoqda. Agar bola qo’llarini yopiq holatga keltirsa, uning w burchak tezligi qanday o’zgaradi?
Ortadi
Kamayadi
o’zgarmaydi
Nolga erishadi
Qattiq jism 6 ta erkinlik darajasiga ega bo’lganligi sababli harakatni o’rganish uchun … ta tenglama kerak bo’ladi.
6 ta
4 ta

3 ta
2 ta
Jism qo’zg’alganda biror nuqtasi qo’zg’almasdan qolsa … harakat deyiladi.
Qo’zg’almas nuqta atrofidagi
ilgarilama
aylanma, tebranma
to’g’ri javob yo’q
Yer bilan bog’liq sanoq sistemasi bu … sanoq sistemasi deyiladi.
Geosentrik
Geleosentrik
Insentrik
Inertsial
Quyida keltirilganlardan konservativ kuchlarni aniqlang.
Gravitatsion, elektr va elastik
Ishqalanish kuchi, qarshilik kuchi
Mashinalarning tortishish kuchlari
Mashinalarning itarishish kuchlari
O’zaro mustahkam bog’langan nuqtalar sistemasiga nima deyiladi?
Qattiq jism
Kuch momenti
Aylanish davri
Tutash muhit
Jismlarning o’zaro tortishish kuchlari orqali aniqlangan massasiga … deyiladi.
Gravitatsion massa
Inert massa
Og’irlik kuchi
Tortishish kuchi
Inertsiya momenti o’lchov birligi to’g’ri ko’rsatilgan qatorni belgilang.
1 kg·m2
vatt·m2
1kg·m2
KgG’m
Ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi to’g’ri ko’rsatilgan qatorni belgilang.
Fqm·a
MqI·E
MqF·r
F12q-F21
Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi to’g’ri ko’rasilgan qatorni belgilang
MqI·ε
Fqm·a
MqF·r

F12q-F21
Ilgarilama harakatda impuls bajaradigan vazifani aylanma harakatda … bajaradi.
Impuls momenti
Kuch momenti
Inertsiya momenti
Energiya
Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi berilgan qatorni toping.
WkqI·w2G’2
Wkqm·v2G’2
Wkqmgh
Wkqmg
Klassik mexanikada qanday kattaliklar invariant kattaliklardir?
Vaqt, kesmaning uzunligi, massa
massa, uzunlik
vaqt, hajm
bosim, kuch
sanoq boshini kuzatilayotgan jism bilan bog’lovchi yo’nalishli chiziq bu … ?
radius vektor
sanoq sistemasi
birlik vektor
radius
$\frac{2mR^2}{5}$ ifoda qanday jismning inertsiya momenti?
Bir jinsli sharning
Silindrning
Konusning
Xalqaning
$\frac{mR^2}{2}$ ifoda qanday jismning inertsiya momenti?
Silindrning
Bir jinsli sharning
Konusning
Xalqaning
$\frac{ml^2}{12}$ ifoda qanday jismning inertsiya momenti?
ι uzunlikdagi sterjenning
Silindrning
Bir jinsli sharning
Bir jinsli sharning
mR2 ifoda qanday jismning inertsiya momenti?
ingichka doiraviy xalqaning
Silindrning
Bir jinsli sharning
Bir jinsli sterjenning

Eyler burchaklari qaysi?
φ, ψ, θ
φ, ψ, γ
α, β, γ
α, β, Ω
Eyler tenglamalari qanday?
φ qf1(t), ψ q f2(t), θ q f3(t)
φ q f(ψ,θ)
θ q ψ Q φ
θ q ψ G’ φ
F q $\frac{dP}{dt}$ qanday tenglama?
Ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
N’yutonning ikkinchi qonuni
N’yutonning uchinchi qonuni
M q $\frac{dL}{dt}$ qanday tenglama?
Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
Ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi
N’yutonning ikkinchi qonuni
N’yutonning uchinchi qonuni
Bog’lanishlar bilan bog’’liq kuchlarga nima deyiladi?
Reaksiya kuchlari
Aktiv kuchlar
Reaktiv kuchlar
Real kuchlar
Har qanday harakatda moddiy nuqtalari orasidagi masofa o’zgarmaydigan jismga nima deyiladi?
Qattiq jism
Suyuq jism
Noelastik jism
Elastik jism
Qattiq jismning erkinlik darajasi qancha?
6 ta
9 ta
3 ta
4ta
Moddiy nuqtaning harakat tufayli olgan energiyasi qanday energiya deyiladi?
Kinetik energiya
Potensial energiya
To’la energiya
Issiqlik energiya

Moddiy nuqtalarning o’zaro ta’sirlashish tufayli olgan energiyasi qanday energiya deyiladi?
Potensial
Kinetik
To’la
Elektr