O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA KAFEDRASI

“N A Z A R I Y M E X A N I K A”

fanidan

O’ Q U V – U S L U B I Y
M A J M U A

Bilim sohasi: 500000 - Tabiiy fanlar, matematika va statistika

Ta’lim sohasi: 530000 - Fizika va tabiiy fanlar

Ta’lim yo’nalishi: 60530900 - Fizika

Namangan 2023

O‘quv uslubiy majmua Namangan davlat universiteti Kengashining 2023 yil 30 avgustdagi 1-sonli yig‘ilishi bayonnomasida tasdiqlangan fan dasturi asosida ishlab chiqilgan

Tuzuvchi:

A.Nabiyev. NamDU fizika kafedrasi dosenti, PhD

Taqrizchi:

A.Davlatov NamDU fizika kafedrasi katta o’qituvchisi (PhD).

Fanning o‘quv-uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti Fizika fakulteti Fizika kafedrasida muhokama qilingan hamda fakultet ilmiy kengashi tomonidan ko‘rib chiqish uchun tavsiya etilgan (2023-yil 28-avgustdagi 1- sonli bayonnoma)

Kafedra mudiri: **B.Abdulazizov**

Fanning o‘quv uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti Fizika fakulteti ilmiy kengashi tomonidan ko‘rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan

(2023-yil 28-avgustdagi 1- sonli bayonnoma)

Fakultet dekani: **O.Ismanova**

MUNDARIJA

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA KAFEDRASI

«NAZARIY MEXANIKA » FANIDAN

MA'RUZALAR MATNI

NAMANGAN 2023 y.

1-MA’RUZA. KIRISH. Nazariy mexanika fani. Fanning maqsadi. Fanning vazifasi. Baholash mezonlari. Fanning mutaxasis tayyorlashdagi tutgan o`rni. Predmetlararo bog’lanishi. Fanning rivojlanish tarixi.

Reja:

1. **Nazariy mexanika fani. Fizikaviy tadqiqot usullari, tajriba, gipoteza, ilmiy izlanish, nazariya.**
2. **Nazariy mexanika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi. Nazariy mexanikatarixining muhim bosqichlari. Texnikani rivojlanishida va muxandislik kasbini egallashda fizikaning roli.**
3. **Nazariy mexanikakursining umumiy tuzilishi. Fizikaviy kattaliklar va ularning o‘lchov birligi. Fizikaviy birliklarning xalqaro sistemasi.**

Tayanch so‘zlar va iboralar: Fizika, materiya, harakat, fizik qonun va hodisa, tajriba, kuzatish, eksperiment, gipoteza, fizik nazariya, fizik model, Nazariy mexanikava boshqa fanlar, Nazariy mexanikava texnika, fizik kattaliklar, asosiy va qo‘shimcha birliklar.

1. Nazariy mexanika fani. Fizikaviy tadqiqot usullari, tajriba, gipoteza, ilmiy izlanish, nazariya

Nazariy mexanikagrekcha «Phyzis» so‘zidan olingan bo‘lib, tabiat ma’nosini bildiradi. Nazariy mexanika fani boshqa fanlar kabi bizni o‘rab olgan moddiy dunyoni-materiyaning ob’ektiv xossalarini o‘rganadi.

Materiya tushunchasi ob’ektiv reallikni ifodalaydigan falsafiy kategoriya bo‘lib, *bu ob’ektiv reallikni inson o‘z sezgilari bilan idrok qiladi, undan nusha oladi va aks ettiradi.* Materiya bizni sezgi organlarimizga bog‘liq bo‘lmagan holda yashaydi.

Materiya ikki ko‘rinishda – modda (elementar zarralar -elektron, proton, neytron v. b., atom va molekulalar, ionlar, fizik jismlar) va fizik maydonlar (gravitatsion, kuchli, kuchsiz, elektronmagnit) shaklida bo‘ladi.

Nazariy mexanikamateriya harakatining eng umumiy ko‘rinishlarini va ularni bir-biriga aylanishlarini o‘rganadi. Masalan, Er va osmon jismlarining hammasi ximiyaviy jixatdan sodda yoki murakkabligidan qat’iy nazar Nazariy mexanikakashf qilgan butun dunyo tortishish qonuniga bo‘ysunadi. Hamma tabiatda bo‘ladigan jarayonlar Nazariy mexanikaaniqlagan qonunga – energiyaning saqlanish qonuniga bo‘ysunadi.

Nazariy mexanikabarcha tabiat fanlarining muvaffaqiyatli rivojlanishi uchun zarur bo‘lgan tadqiqot uslublarini ishlab chiqadi va zarur asboblar yaratishga imkon beradi. Masalan, mikroskopning biologiya fani taraqqiyotidagi, spektral analizning kimyodagi, rentgen analizning tibbiyot taraqqiyotidagi, teleskopning astronomiyadagi ahamiyati kattadir.

Stoletovni fotoeffekt hodisasi ustida olib borgan ishlari xozirgi zamon televideniyasi va avtomatikasining taraqqiyotida keng qo‘llanilmokda. Nazariy mexanika fanining qishloq xo‘jaligi maxsulotlari ishlab chiqarishdagi roli ham kattadir. 1778 yili Komov "Dexqonchilik xaqida" degan kitobida shunday deb yozgandi: "Dexqonchilik deyarli boshqa fanlar qatori butun Nazariy mexanikabilan chambarchas bog‘liqdir, uning o‘zi ham amaliy fizikaning bir qismidir". O‘simliklarining hayot faoliyati jarayonlari o‘simlik rivojlanayotgan muhitning fizik sharoitlariga: yorug‘lik, issiqlik, temperatura, namlik, bosim va x.k. larga bog‘liq bo‘ladi. Bu sharoitlarni o‘rganish fizikaning vazifalaridan biri hisoblanadi.

Qonun keng ma‛noda qandaydir zaruriy, ichki, takrorlanuvchi ketma-ketliklarni bog‘lanish asosida bajarilayotgan, aniqlangan va umumqoida bo‘lishi mumkin.

Fizik qonunlar tajribalardan olingan ma’lumotlarni umumlashtirish natijasida topiladi. Fizik qonunlar *fizik hodisalar* orasidagi ob’ektiv ichki bog‘lanishni va fizik kattaliklar orasidagi real munosabatlarni ifodalaydi.

Fizik hodisalarni o‘rganish *tajriba* asosida boshlanadi. Hodisalarni tabiiy sharoitlarda o‘rganish asosida tajriba orttirish - *kuzatish* deb, hodisalarni sun’iy sharoitda, ya’ni *laboratoriya* sharoitlarda amalga oshirib tajriba o‘tkazishni esa *eksperiment* deb atash odat bo‘lib qolgan. Albatta, eksperiment kuzatishga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Birinchidan, eksperimentda axborot olish uchun sarflanadigan vaqtni tejash mumkin. Masalan, tabiiy sharoitlarda biror hodisa ro‘y berishi uchun bir necha sutkalab, hattoki oylab kutishga to‘g‘ri keladi. Laboratoriyalarda esa bu hodisani istalgan vaqtda amalga oshiriladi. Ikkinchidan, tabiiy sharoitlarda amalga oshayotgan tajribada hodisaga bir necha faktorlarning ta’siri aks etgan bo‘ladi. Laboratoriyada esa sunoiy ravishda shunday sharoitlar yaratish mumkinki, natijada faktorlardan faqat birining o‘zgarishi hodisaning o‘tish jarayoniga qanday ta’sir ko‘rsatishini tekshirish imkoniyati tug‘iladi. Boshqacha qilib aytganda, eksperimentda “tozaroq sharoitlar” yaratish mumkin. Bu esa tajribada aniqlanayotgan kattaliklarni aniqroq o‘lchashga imkoniyat yaratadi.

Umuman, tajriba deganda faktlarni qayd qilishnigina emas, balki faktlarni sistemaga keltirish, hodisa yoxud jarayonni xarakterlovchi fizik kattaliklar orasidagi bog‘lanishni ham sifat, ham miqdoriy jihatdan aniqlashni tushunish lozim.

Tajribalarda yig‘ilgan axborotlar hodisani tushuntirish uchun *gipoteza* (ilmiy faraz)lar yaratishga asos bo‘lib xizmat qiladi. Gipotezani mantiqan rivojlantirish tufayli vujudga keladigan natijalar tajribalarda tasdiqlanmasa, bunday gipoteza sinovdan o‘tmagan, ya’ni xato gipoteza hisoblanadi.

Aksincha, gipotezadan kelib chiquvchi natijalar tajribalarda tasdiqlangan taqdirda gipoteza *fizik nazariya*ga aylanadi. Fizik nazariya bir sohadagi bir qator hodisalarni, ulaning mexanizimi va qonuniyatlarini tushuntira olishi kerak. Bundan tashqari, fizik nazariya qayd qilinmagan yangi hodisalarni oldindan aytib bera oladi. Agar bu yangi hodisalar tajribada qayd qilinsa, nazariya yana sinovdan oʻtgan boʻladi. Shuni ham qayd qilmoq lozimki, nazariyalar ham vaqt oʻtishi bilan rivojlantiradi. Eksperiment texnikasini oʻsishi bilan yangi hodisalar kashf etiladiki, ularni tushuntirishga nazariya ojizlik qilishi mumkin. Bu hollarda nazariyaga “tuzatma” kiritiladi. Demak, fizik nazariyalarning yaratilishi va sinalishi tajribalar bilan boshlanadi hamda tajribalar bilan isbotlanadi va rivojlantiriladi.

2. Nazariy mexanika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi. Nazariy mexanikatarixining muhim bosqichlari. Texnikani rivojlanishida va muxandislik kasbini egallashda fizikaning roli

Nazariy mexanikabizning eramizdan ilgariroq vujudga kelgan fan, oʻsha vaqtda uning tarkibiga hozir ximiya, astronomiya, biologiya, geologiya deb nom olgan bir qator tabiiy fanlar ham kirgan. Keyinchalik, ular mustaqil fanlar darajasida shakillangan. Umuman, Nazariy mexanikava boshqa tabiiy fanlar orasida keskin chegara mavjud emas. Bu soʻzlarning dalili sifatida ximiyaviy fizika, geofizika, bioNazariy mexanikakabi birlashgan fanlarning vujudga kelishini koʻrsatish mumkin. Boshqacha qilib aytganda, fizikani barcha tabiiy fanlarning poydevori deb hisoblash mumkin. Shuning uchun ham Abu Rayhon Beruniy va Abu Ali ibn Sino kabi buyuk mutafakkir olimlarimizning ilmiy meroslarida ham fizikaga oid talaygina original fikrlar topilyapti.

Fizikaning va texnikaning rivojlanishi oʻzaro chambars-chars bogʻliq. Ajoyib fizik kashfyotlar ertami-kechmi texnikada katta oʻzgarishlar yasaydi. Masalan, elektromagnit toʻlqinlarni tarqatish va qayd qilish, ya’ni radioaloqaning ixtiro qilinishi radiotexnikaga hayot bagʻishladi. Ikkinchi misol, neytronlar va ular ta’sirida ogʻir yadrolar boʻlinishining kashf qilinishi yadroviy energetikaga asos soldi. Oʻz navbatida texnika taraqqiyoti fizikaning rivojlanishini ragʻbatlantiruvchi muhim omildir. Birinchidan, texnika Nazariy mexanika fani oldiga yangi vazifalar qoʻyadi. Ikkinchidan fiziklarni yangi materiallar, aniqroq asboblar va qurilmalar bilan ta’minlaydi. Masalan, hozirgi vaqtda yadroviy tadqiqotlarni zamonaviy texnika taraqqiyotini oʻzida mujassamlashtirgan qurilmalar (yadroviy reaktor, sinxrofazotron, yarimoʻtkazgichli mikrosxemalar, elektron-hisoblash mashinalar)siz tasavvur qilib boʻlmaydi, albatta.

Nazariy mexanika fani erishayotgan yutuqlar falsafiy dunyoqarashlarni rivojlantiradi. Masalan, XIX asr oxiri va XX asr boshidagi fizik kashfiyotlar (radioaktivlik, elektron massasining tezlikka bogʻliq ravishda oʻzgarishi, energiya va massaning oʻzaro bogʻliqligi, elektron-pozitron juftining annigilyatsiyasi, nisbiylik nazariyasi va shunga oʻxshash) koʻpgina fizik tasavvur va tushunchalardan voz kechishni talab qildi. Bu esa bir qator olimlar tomonidan dunyoni idealistik talqin qilish yo‘lidagi bahonalardan biri bo‘ldi.

Vaholanki, fan rivojlanishi bilan tabiatda sodir bo‘luvchi hodisalarning mohiyatini aniqlashda inson bilimi boyib boradi. Tabiiy fanlarga, xususan fizikaga, tugallangan fan deb qarash mumkin emas. Nazariy mexanika fani uzluksiz rivojlanib boradi, bu rivojlanish jarayonida fizik tushunchalar, qonuniyatlar boyiydi va chuqurlashadi. Materiya tuzilishi haqidagi birorta ham fizik tasavvurni tugallangan deb hisoblash mumkin emas.

Fizik tasavvurlar ob’ektiv reallikdan taxminiy nusxa (kopiya) bo‘lib, ular ko‘pqirrali xaqiqatning ayrim bosqichlarini aks ettiradi.

Shuning uchun dialektik materializm pozitsiyasidan Nazariy mexanikayutuqlariga yondashish “krizis”larni bartaraf qiladi va fanning rivojlanishiga ko‘maklashadi. O‘z navbatida, fizikaning yutuqlari dialektik materializmning rivojlanishiga kattagina hissa qo‘shadi. Bunda akademik S.I.Vavilovning quyidagi so‘zlarini eslash o‘rinli: “Nazariy mexanikaprinsiplari va qonunlarining, asosiy tushunchalari va ta’riflarining nihoyat keng harakteri bu fanni falsafa bilan yaqinlashtiradi. Nazariy mexanika fanining mohiyati haqidagi aniq tasavvurlarga ega bo‘lmasdan turib falsafiy jihatdan ma’lumotli bo‘lish mumkin emas”.

Nazariy mexanika fanining taraqqiyoti boshqa fanlarning rivojlanishiga ham hissa qo‘shayapti. Masalan, ximiya va biologiya fanlarida oxirgi kashfyotlarning aksariyati nazariy va eksperimental Nazariy mexanikametodlariga tayangan holda amalga oshayapti. Shuning uchun ham S.I. Vavilov fizikani zamonaviy fanning “shtabi” deb atagan. Demak, ilmiy-texnik taraqqiyot bilan baravar qadam tashlaydigan har bir injener fizikaning asosiy qonunlariga oid bilimini egallashi shart.

3. Nazariy mexanikakursining umumiy tuzilishi. Fizikaviy kattaliklar va ularning o‘lchov birligi. Fizikaviy birliklarning xalqaro sistemasi.

Nazariy mexanika fanini quyidagi 3 qismga bo‘lib o‘rganiladi. 1-qismga: mexanika, molekulyar Nazariy mexanikava termodinamika bo‘limlari; 2-qismga: elektr va magnetizm, tebranish va to‘lqinlar bo‘limlari; 3-qismga to‘lqin optikasi, qattiq jism fizikasi, kvant fizikasi, atom, yadro va elementar zarrachalar fizikasi bo‘limlaridan iborat.

1960 yil oktyabrda fizik kattaliklarning Xalqaro sistemasi qabul qilindi. 1961 yilning 24 avgustida oldingi ittifoqda «Sistema internatsionalnaya» so‘zlarining bosh xarflari bo‘yicha SI («Es – I» deb o‘qiladi) tarzida belgilangan birliklar sistemasi tasdiqlandi. SI da ettita asosiy birlik va ikki qo‘shimcha birlik qabul qilingan.

- Asosiy birliklar:
    - *Uzunlik, metr (m).* Kripton-86 atomining $2R_{10}$ va $5d_5$ sathlari orasidagi o‘tishga mos bo‘lgan nurlanishining vakuumdagi to‘lqin

uzunligidan 1650763,73 marta katta bo‘lgan uzunlik 1 metr deb qabul qilingan.

  - *Massa, kilogramm (kg).* Kilogrammning xalqaro prototipining massasini 1 kilogramm deb qabul qilingan.
  - *Vaqt, sekund (s).* Seziy - 133 atomi asosiy holatining ikki o‘ta nozik sathlari orasidagi o‘tishiga mos bo‘lgan nurlanish davridan 9192631770 marta katta vaqt 1 sekund deb qabul qilingan.
  - *Elektr tokining kuchi, Amper (A).* Bir Amper tok vakuumdagi bir-biridan bir metr masofada joylashgan ikki parallel cheksiz uzun, lekin kesimi juda kichik to‘g‘ri o‘tkazgichlardan o‘tganda o‘tkazgichlarning har bir metr uzunligiga $2 \cdot 10^{-7}$ N Amper kuchi ta’sir qiladi.
  - *Termodinamik temperatura, Kelvin (K).* Suvning uchlanma nuqtasini xarakterlovchi termodinamik temperaturaning 1/273,16 ulishi 1 Kelvin deb qabul qilingan.
  - *Modda miqdori, mol (mol).* Uglerod – 12 izotopining 0,012 kg massasidagi moddaning miqdori 1 mol deb qabul qilingan.
  - *Yorug‘lik kuchi, kandela (kd).* $540 \cdot 10^{12}$ Gz chastotali monoxromatik nurlanish chiqarayotgan manba yorug‘ligining energetik kuchi 1/683 Vt/sr ga teng bo‘lgan yo‘nalishdagi yorug‘lik kuchi 1 kandela deb qabul qilingan.

- Qo‘shimcha birliklar:
  - *Yassi burchak, radian (rad).* Aylanada uzunligi radiusga teng bo‘lgan yoyni ajratadigan ikki radius orasidagi burchak 1 radian deb qabul qilinadi.
  - *Fazoviy burchak, steradian (sr).* Uchi sfera markazida joylashgan va shu sfera sirtidan radius kvadratiga teng yuzli sirtni ajratuvchi fazoviy burchak 1 steradian deb qabul qilingan.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Nazariy mexanika fani nimani o‘rganadi?
2. Materiya turlariga misollar keltiring.
3. Nazariy mexanika fani yutuqlarining boshqa fanlar taraqqiyotiga ta’siri.
4. Xalqaro birliklar tizimidagi asosiy fizik kattaliklar nimalardan iborat?
5. Fizik qonun qanday yaratiladi?
6. Fizik tadqiqot usullari nimalardan iborat?
7. Nazariy mexanikava falsafa fanlarini o‘zaro munosabatlarini tushuntiring.
8. Birliklarning Xalqaro sistemasi qachon qabul qilingan?
9. Xalqaro birliklar sistemasidagi qaysi birliklar qo‘shimcha birlik deb hisoblanadi?
10. Nazariy mexanikanechta tarkibiy qismlarga bo‘linadi va qanday bo‘limlardan iborat?

Asosiy adabiyotlar

1. O.Axmadjonov. Nazariy mexanikakursi, I-tom. Toshkent, “O‘qituvchi”. 1991.
2. I.V.Savelev. Kurs obshey fiziki. T.1,M., Nauka,2000g.
3. A.A.Detlaf, B.M.Yavorskiy. Kurs fiziki. M., “Visshaya shkola”.2000g.
4. T.I.Trofimova Kurs fiziki, M., «Visshaya shkola». 2000 g, 380c.
5. G.A.Zisman, O.M.Godess. Kurs obshey fiziki. M, izd. “Visshaya shkola”, 1991 g
6. D.V.Sivuxin «Obshiy kurs fiziki». Tom 1. M.Nauka.1977-90 g
7. O‘.Q.Nazarov, H.Z.Ikromova va K.A.Tursunmetov. Umumiy Nazariy mexanikakursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.
8. Nuomonxo‘jaev A.S. Nazariy mexanikakursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.
9. Feyrabend P. «izbrannqe trudq po metodologii nauki», htt://www.vstu.ru/kaf/kf/ub/html

2-ma’ruza. MODDIY NUQTA DINAMIKASI

FIZIK HODISALARNING TURLI SANOQ SISTEMALARIDA INVARIANTLIGI VA ULARNING MATEMATIK IFODASI. GALILEY VA LORENTS ALMASHTIRISHLARI. SANOQ SISTEMASI.

Reja:

1. Dinamikaning asosiy vazifasi. Inersial sanoq sistemasi tushunchasi.

Nyutonning birinchi qonuni. Massa va impuls.

2. Nyutonning ikkinchi qonuni. Kuch-impulsdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi

tartibli hosila.

3. Nyutonning uchinchi qonuni. Nyuton qonunlarini zamonaviy talqin etilishi.

Moddiy nuqta harakatini klassik usulda ifodalashning chegarasi.

4. Massa markazi. Massa markazining harakati haqidagi teorema.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Massa va uning birligi, kuch va uning birligi, og‘irlik kuchi, erkin jism, inertlik, inersiya, inersial sanoq tizimi, Nyutonning birinchi qonuni, dinamikaning asosiy qonuni, impuls, ta’sir, aks ta’sir, Nyutonning uchinchi qonuni, massa markazi, og‘irlik markazi.

1. Dinamikaning asosiy vazifasi. Inersial sanoq sistemasi tushunchasi. Nyutonning birinchi qonuni. Massa va impuls.

Mexanikaning kinematika qismida harakat qonunlarini o‘rganish bu harakatlarni yuzaga keltirgan sabablar bilan bog‘lanmagan holda olib boriladi. Mexanikaning dinamika bo‘limida esa jismlar harakatini mazkur harakatni yuzaga keltiruvchi sabablar mohiyati bilan bog‘lab o‘rganiladi. Dinamikaning vazifasi asosan ikki qismdan iborat:

1) jism harakati ma’lum bo‘lsa, unga ta’sir etuvchi kuchni aniqlash;

2) jismga ta’sir etuvchi kuch ma’lum bo‘lgan taqdirda harakat qonunini aniqlash.

Bu mulohazalardan har qanday harakat kuch ta’siri ostida mavjud bo‘lishi mumkin, degan xulosa kelib chiqmasligi lozim. Tajriba shuni ko‘rsatadiki, kuch ta’sirida jismlarning tezligi o‘zgaradi, ya’ni ular tezlanish oladilar.

Harakat jarayonida moddiy nuqta (yoki moddiy nuqtalar tizimi)ning koordinatalari, ya’ni radius – vektori o‘zgaradi.

Tajriba ko‘rsatadiki, moddiy nuqtaning berilgan vaqtdagi holati uning radius-vektori **r** va tezligi **V** bilan, ya’ni uning x,y,z koordinatalri hamda koordinata o‘qlari bo‘yicha tezlikning proeksiyalari $\mathbf{V_x}$, $\mathbf{V_y}$, $\mathbf{V_z}$, bilan aniqlanadi. N ta moddiy nuqtadan iborat tizimning berilgan vaqtdagi holati tizimdagi moddiy nuqtalarining radius - vektorlari $\mathbf{r_1}$, $\mathbf{r_2}$, … $\mathbf{r_N}$ va ularning tezliklari $\mathbf{V_1}$, $\mathbf{V_2}$, …., $\mathbf{V_N}$, bilan ifodalanadi. Demak, har bir moddiy nuqtaning holati bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan ikkita vektor kattalik, $\vec{r}$ va $\vec{V}$ bilan aniqlanadi. Har bir moddiy nuqta fazoda 3 tadan erkinlik darajasiga ega bo‘lganligi uchun N ta moddiy nuqtadan iborat tizimning harakatini aniqlovchi kattaliklar soni 6 N ga teng bo‘ladi.

Jism inertligining o‘lchovi bo‘lib, massa deb ataladigan fizik kattalik xizmat qiladi. Demak, jismning massasi naqadar katta bo‘lsa, uning inertligi ham shu qadar oshadi. Massa jismning eng asosiy xossalaridan biridir.

Tajribalarning ko‘rsatishicha shakllari bir xil, massalari esa m_1 va m_2 bo‘lgan jismlarning har biriga bir xil tashqi kuch bilan ta’sir etsak, ular olgan tezlanishlar (a_1 va a_2) mazkur jismlarning massalariga teskari mutanosibdir, ya’ni

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Har qanday jismning massasi etalon sifatida qabul qilingan jism massasi bilan taqqoslash orqali o‘lchanadi. Bu usulda jismlarning erkin tushish qonuniyatidan foydalaniladi. Erkin tushish esa jismlarga Er tortish kuchi ta’sirining natijasidir. Er yuzining har bir nuqtasi uchun jismlarning erkin tushishidagi tezlanishi o‘zgarmas kattalik bo‘lib, g ga teng va massasi m bo‘lgan jismga R = mg kattalikdagi kuch ta’sir etadi. Tarozi pallasiga qo‘yilgan jism pallani *og‘irlik kuchiga* teng kuch bilan bosadi. Shu tufayli ikki jism massalarining nisbati ular og‘irliklarining nisbati kabidir:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{P_1}{P_2}.$$

Jism massasi skalyar kattalik bo‘lib, uning og‘irligi esa vektor kattalikdir. Bu vektor erkin tushish tezlanishi yo‘nalishida Erning markazi tomon yo‘nalgan.

Tajribalarning ko‘rsatishicha, massa additiv kattalikdir, ya’ni jism massasi uning ayrim bo‘laklari massalarning yig‘indisiga teng. Mexanikaviy tizimning massasi tizimning tarkibiga kiruvchi barcha jismlar massalarining yig‘indisiga teng.

Jismga boshqa jismlar ta’sir etmasa, uni erkin jism deyiladi. Lekin tabiatda erkin jismlar mavjud emas, chunki tabiiy sharoitda har qanday jism boshqa jismlar ta’sirida bo‘ladi.

Nyutonning birinchi qonunini qanoatlantiradigan sanoq tizimlari inersial sanoq tizimlari deyiladi. Boshqacha aytganda, inersial sanoq tizimi deb shunday sanoq tizimiga aytiladiki, unda erkin jism tinch holatda bo‘ladi yoki o‘zgarmas tezlik bilan to‘g‘ri chiziqli harakat qiladi. O‘z-o‘zidan ravshanki, agar biror inersial sanoq tizimini tanlab olgan bo‘lsak, u holda unga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan boshqa sanoq tizimlari ham inersial sanoq tizimi bo‘ladi.

Ingliz fizigi Isaak Nyutonning "Natural falsafaning matematik asoslari" (1687 y) degan asarida dinamika qonunlari bayon etilgan.

Agar jismga boshqa jismlar ta’sir etmasa, o‘zining tinchlikdagi holatini yoki harakatdagi holatini saqlaydi.

Jismni tinch yoki harakatdagi holatini tashqi kuchlar ta’sir etmaganda saqlash xususiyati, jismni inertligi deyiladi. Shuning uchun ham Nyutonning I qonunini inersiya qonuni deb ham aytiladi. Nyuton birinchi qonunining to‘g‘riligi tajribalardan olingan natijalarni umumlashtirishdan kelib chiqadi.

Nyuton qonunlari bajariladigan tizim inersial sanoq tizimi deyiladi. Bu sistema boshqa inersial sistemaga nisbatan tinch holatda yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatda bo‘lishi kerak. *Koordinata boshi Kuyoshda, o‘qlari yulduzlarga qarab ketgan geliotsentrik sistema inersial sanoq sistemasi bo‘ladi.* Bu sistemada Nyutonning birinchi qonuni aniq bajariladi.

Tajribalardan ma’lumki, o‘zgarmas kuch ta’sirida turli jismlar turlicha tezlanishlar oladilar. Jismlar olgan tezlanish jismning hususiyatiga (uning massasiga) bog‘liq bo‘ladi.

2. Nyutonning ikkinchi qonuni. Kuch-impulsdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosila

Jismning massasi - materiya xususiyatini xarakterlovchi fizikaviy kattalik bo‘lib, u jismning inertligi va gravitatsion xususiyatini ifodalaydi. Jism tezligini o‘zgartirib, unga tezlanish beradigan vektor kattalikka kuch deyiladi.

Moddiy nuqta mexanik harakatini tashqi kuchlar ta’sirida qanday o‘zgarishi dinamikaning asosiy ikkinchi qonunida bayon etiladi. Ixtiyoriy biror jismga F_1, F_2,... kuchlar ta’sir etsa, bu kuchlar ta’sirida jism moc ravishda a_1, a_2,..., tezlanishlar oladi. Biroq $F_1/a_1 = F_2/a_2 = ... = const$ bo‘lib, bu kattalik jism inertligini ifodalaydi. Agar turli kuchlar biror jismga ta’sir etsa, jism olgan tezlanish kuchlarning teng ta’sir etuvchisiga tug‘ri proporsional bo‘ladi, ya’ni

$$a \sim F \ (m = const) \tag{3.1}$$

Agar turli massali jismlarga bir xil kuch ta’sir etsa, jismlar olgan tezlanishlar turlicha bo‘ladi. Jismlar massalari qancha katta bo‘lsa, ular olgan tezlanishlar shuncha kichik bo‘ladi.

$$a \approx \frac{1}{m} \tag{3.2}$$

(3.1) va (3.2) tengliklardan

$$a = k\frac{F}{m} \tag{3.3}$$

deb yozamiz. (3.3) - tenglik Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalaydi. *Bu ifodaga ko‘ra, jism olgan tezlanish kuchga to‘g‘ri, jism massasiga teskari proporsional bo‘ladi. Nyutonning ikkinchi qonuni inersial sanoq sisitemasi uchun o‘rinlidir.* Birinchi qonun Nyuton ikkinchi qonunining xususiy xoli sifatida qaraladi. Sistemaga qo‘yilgan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lganda, jism olgan tezlanish xam nolga teng bo‘ladi.

Halqaro birliklar tizimi (SI) da (3.3) - tenglikdagi proporsional lik koeffitsienti k = 1 bo‘lgani uchun

$$a = \frac{F}{m}$$

yoki

$$F = ma = m * \left(\frac{dV}{dt}\right) \tag{3.4}$$

bo‘ladi. Jism massasi klassik mexanikada o‘zgarmas miqdor bo‘lgani uchun (3.4) - tenglikni:

$$F = \frac{d(mV)}{dt} \tag{3.5}$$

kabi yozish mumkin. *Moddiy nuqta massasini tezligiga ko‘paytmasi uning harakat miqdorini (impulsini) belgilaydi,* ya’ni

$$R = mV \tag{3.6}$$

Bu tenglikni (3.5) ga qo‘yib

$$F = \frac{dP}{dt} \tag{3.7}$$

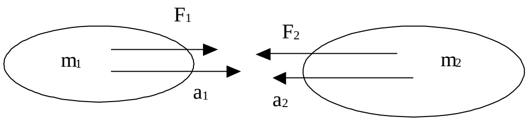
ni hosil qilamiz. (3.7) - tenglik Nyutonning ikkinchi qonunini umumiy ko‘rinishini ifodalaydi. (3.7) ga ko‘ra *jismga ta’sir etuvchi kuch impulsdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng ekan.*

3. Nyutonning uchinchi qonuni. Nyuton qonunlarini zamonaviy talqin etilishi. Moddiy nuqta harakatini klassik usulda ifodalashning chegarasi.

Nyutonning III-qonuniga ko‘ra *ikki jism o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari miqdor jihatidan teng yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘ladi,* ya’ni

$$\mathbf{F_1} = -\mathbf{F_2} \qquad (3.8)$$

Masalan, massalari m_1 va m_2 bo‘lgan turli ishorali zaryadlangan ikki jismni ko‘raylik (3.1-rasm).



3.1-rasm

$\mathbf{F_1}$ va $\mathbf{F_2}$ kuchlar ta’sirida jismlar $\boldsymbol{a_1}$ va $\boldsymbol{a_2}$ tezlanishlar oladi. Ikkinchi qonunga ko‘ra

$$G‘_1 = m_1\mathbf{a_1} \text{ va } F_2 = m_2\,\mathbf{a_2} \qquad (3.9)$$

3.8 va 3.9-tengliklardan

$$m_1\mathbf{a_1} = -m_2\,\mathbf{a_2}$$

yoki

$$a_1 = -\frac{m_2 a_2}{m_1},$$

ya’ni o‘zaro ta’sirlashuvchi jismlar tezlanishlari ularning massalariga teskari proporsional bo‘lib, qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘ladi.

4. Massa markazi. Massa markazining harakati haqidagi teorema

Ko‘p hollarda bir necha jism (moddiy nuqtalar)dan iborat mexanikaviy tizimning harakat qonunlarini o‘rganish bilan ish ko‘rishga to‘g‘ri keladi. Bunday tizimning harakat qonunlarini o‘rganishda mazkur tizim tarkibidagi jismlarning unda qanday taqsimlanganligini yoki bu jismlar bir-biriga nisbatan tizimda qanday joylashganligini bilish zaruriyati tug‘iladi. SHu munosabat bilan inersiya markazi (massa markazi) degan tushuncha (inersiya markazi va massa markazi atamalari aynan bir maonoda ishlatiladi, chunki jismning massasi uning inersiya o‘lchovidir) kiritiladi.

Inersiya markazi va og‘irlik markazi degan tushunchalar orasida quyidagi farq borligini esdan chiqarmaslik kerak: og‘irlik markazi-bir jinsli og‘irlik kuchi maydonida joylashgan qattiq jismlar uchungina maonoga ega; inersiya markazi esa hech qanday maydon bilan bog‘liq emas va ixtiyoriy mexanikaviy tizim uchun o‘rinlidir. Og‘irlik kuchi maydonida joylashgan qattiq jismlar uchun inersiya markazi va og‘irlik markazi bir-biri bilan mos tushadi, ya’ni bir nuqtada joylashgan bo‘ladi. Inersiya markazi massaning taqsimlanishini tasvirlovchi geometrik nuqta bo‘lib, uning vaziyati koordinatalar boshiga nisbatan $\vec{r}_c$ radius-vektor bilan quyidagicha aniqlanadi.

$$\vec{r}_c = \frac{m_i\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + ... + m_n\vec{r}_n}{m_1 + m_2 + ... + m_n},$$

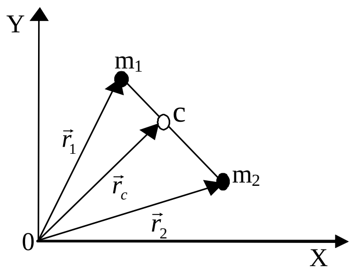
ya’ni:

$$\vec{r}_c = \frac{1}{m}\sum_i m_i\vec{r}_i, \qquad (3.10)$$

bu erda

m $_i$ - tizimga mansub, i-jismning massasi;

r $_i$ - koordinatalar boshi O ga nisbatan i-jismning vaziyatini aniqlovchi radius-vektor; $m = m_1 + m_2 + ... + m_n$ - tizimning umumiy massasi.



3.2-rasm

Soddalashtirish maqsadida ikkita jismdan iborat tizimni olib qaraylik (3.2-rasm). Massalari m_1 va m_2 bo‘lgan jismlarning vaziyatlari koordinata boshi O ga nisbatan mos ravishda $\mathbf{r_1}$ va $\mathbf{r_2}$ radius- vektorlar bilan berilgan bo‘lsa, bu ikki jismdan iborat tizimning inersiya markazi

$$\vec{r}_c = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

formula orqali ifodalanib, ikki jismning geometrik markazlarini birlashtiruvchi to‘g‘ri chiziqda yotadi.

(3.10) tenglama vektor orqali ifodalangan tenglamadir, lekin inersiya markazlarining vaziyatini aniqlovchi mazkur radius-vektorni uning koordinata o‘qlaridagi proektsiyalar orqali ham ifodalash mumkin:

$$X_c = \frac{1}{m}\sum_i m_i x_i,\ Y_c = \frac{1}{m}\sum_i m_i y_i,\ Z_c = \frac{1}{m}\sum_i m_i z_i, \qquad (3.11)$$

bunda

m - tizimining umumiy massasi;

x_i ,y_i ,z_i - tizim tarkibidagi i - jismning koordinatalari.

Xususiy holda, agar tizim massalari m_1 va m_2 bo‘lgan ikkita jismdan iborat bo‘lsa va ularni X o‘qi bo‘yicha joylashtirsak, inersiya markazining koordinatasi

$$X_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

bo‘ladi. Tizim inersiya markazini aniqlovchi radius-vektor r_c dan vaqt bo‘yicha olingan hosila (r_c ning birlik vaqt davomida o‘zgarishi) inersiya markazining tezligini ifodalaydi:

$$V_c = \frac{dr_c}{dt} \qquad (3.12)$$

(3.10) formulani (3.12) ga qo‘yib, inersiya markazining tezligi uchun

$$V_c = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{m}\sum_i m_i r_i\right) = \frac{1}{m}\sum_i m_i \frac{dr_i}{dt} = \frac{1}{m}\sum_i m_i V_i = \frac{1}{m}\sum_i P_i \qquad (3.13)$$

ga ega bo‘lamiz; bu erda V_i va ρ_i mos ravishda i-jismning tezligi va impulsi; ravshanki

$$P = \sum_i P_i = \sum_i m_i V_i \qquad (3.14)$$

tizimning to‘la impulsi bo‘lib, ko‘pincha R-inersiya markazining impulsi ham deyiladi; m-tizimining umumiy massasi ya’ni:

$$\mathrm{m} = \mathrm{m}_1 + \mathrm{m}_2 + \ldots + \mathrm{m}_n = \sum_i \mathrm{m}_i . \qquad (3.15)$$

Endi (3.14) ni ko‘zda tutib, (3.13) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$V_c = \frac{P}{m} \quad \text{yoki } R = mV_s$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga asoan tizimning to‘la impulsidan vaqt bo‘yicha olingan hosila shu tizimga ta’sir etayotgan tashqi kuchlarning vektor yig‘indisiga teng:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = m\frac{d\vec{V}_c}{dt} = m\vec{a}_c = \vec{F}_r , \qquad (3.16)$$

bu erda

a

$\boldsymbol{a_c}$- inersiya markazining tezlanishi,

$\mathbf{F_r}$- tizimiga ta’sir etayotgan tashqi kuchlarning vektor yig‘indisi.

Berk tizimda unga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar mavjud emas yoki tashqi kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng ($F_t = 0$). U holda oxirigi tenglikdan inersiya markazining tezlanishi

$$a_c = \frac{dV_c}{dt} = 0$$

bo‘ladi. Bundan V_s = const ekanligi kelib chiqadi. Bu xulosa inersiya markazining saqlanish qonunini ifodalaydi va u quyidagicha taoriflanadi: *berk tizimning inersiya markazi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tekis harakat qiladi yoki tinch holatda bo‘ladi.*

Tizim impulsining saqlanish qonunidan massaning additivlik qonuni kelib chiqadi.

Tizimning massasi uning tarkibidagi ayrim jismlar massalarining yig‘indisiga teng.

Inersiya markazi tushunchasi bir necha jismdan iborat bo‘lgan tizim harakatini tavsiflashda ancha qulayliklarga ega. Shu maqsadda (3.16) formulani quyidagicha yozamiz:

$$m\frac{d\vec{V}_c}{dt} = \vec{F}_T , \qquad (3.17)$$

ma’lumki, bu erda

V_s - inersiya markazining tezligi,

F_t - tizimga ta’sir etayotgan barcha tashqi kuchlarning teng ta’sir etuvchisi (ichki kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng).

Demak, tizim inersiya markazining olgan tezlanishi, ya’ni dV_s/dt tashqi kuchlarning teng ta’sir etuvchisiga to‘g‘ri va tizim tarkibidagi jismlar massalarining yig‘indisiga teskari mutanosibidir.

Ko‘rinib turibdiki, bu formula shaklan massasi m va tezligi V bo‘lgan bitta moddiy nuqtaning tashqi F_t kuch ta’sirida qilayotgan harakatini ifodalovchi tenglamaga o‘xshashdir. Shuning uchun bu formula inersiya markazining harakat tenglamasini ifodalaydi va u quyidagi xulosaga olib keladi: *tizimning inersiya markazi tashqi kuchlar ta’sirida massasi tizim tarkibidagi barcha jismlarning massasiga teng bo‘lgan moddiy nuqta kabi harakatlanadi. Bu xulosa inersiya markazining harkakati haqidagi teorema deb ataladi.*

(3.17) formuladan ko‘rinadiki, inersiya markazining tezligini o‘zgartirish uchun tizimga tashqi kuchlar ta’sir etishi kerak; tizim tarkibidagi jismlarning o‘zaro ta’siri tufayli vujudga keladigan ichki kuchlar o‘sha jismlarning inersiya markaziga nisbatan tezliklarini o‘zgartirsa-da, bu kuchlar inersiya markazining holatini, harakat yo‘nalishini va tezligini o‘zgartira olmaydi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Nyuton birinchi qonuni qanday hollarda bajariladi?
2. Massa, kuch tushunchalariga taorif bering.
3. Nyuton ikkinchi qonuning umumiy ifodasini yozing va tushuntiring.
4. Nyuton uchinchi qonunini ta’riflang.
5. Massa markazi haqidagi teoremani izohlang.
6. Dinamikaning asosiy vazifasi nima?
7. Moddiy nuqtaning holati qanday ifodalanadi?
8. Qanday jism erkin jism deyiladi?
9. Kuch qanday birliklarda o‘lchanadi?
10. Massa markazi va og‘irlik markazi deganda nimalarni tushunasiz?

Asosiy adabiyotlar

1. O.Axmadjonov. Nazariy mexanikakursi, I-tom. Toshkent, “O‘qituvchi”. 1991.
2. I.V.Savelev. Kurs obshey fiziki. T.1,M., Nauka,2000g.
3. A.A.Detlaf, B.M.Yavorskiy. Kurs fiziki. M., “Visshaya shkola”.2000g.
4. T.I.Trofimova Kurs fiziki, M., «Visshaya shkola». 2000 g, 380c.
5. G.A.Zisman, O.M.Godess. Kurs obshey fiziki. M, izd. “Visshaya shkola”, 1991 g
6. D.V.Sivuxin «Obshiy kurs fiziki». Tom 1. M.Nauka.1977-90 g

7. O‘.Q.Nazarov, H.Z.Ikromova va K.A.Tursunmetov. Umumiy Nazariy mexanikakursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.
8. Nuomonxo‘jaev A.S. Nazariy mexanikakursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.

3-ma’ruza. HARAKAT QONUNLARI. MODDIY NUQTANING TRAEKTORIYASI, TEZLIGI VA TEZLANISHLARNING DEKART, SFERIK VA TSILINDRIK KOORDINATALARDA IFODASI.

Reja:

1. Mexanika paqida umumiy ma’lumot. Klassik va kvant mexanikasi.
Kinematika va dinamika. Asosiy fizik modellar: moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi, absolyut qattiq jism, yaxlit muhit.

2. Mexanik harakat - materiya harakatining eng sodda turi. Moddiy nuqta ilgarilanma harakat kinematikasi va kinematika elementlari: vaqt, fazo tushunchasi, sanoq sistemasi, tezlik, tezlanish, normal va tangensial tezlanishlar.

3. Moddiy nuqta aylanma harakat kinematikasi: burchak tezlik, chiziqli tezlik va ular orasidagi bog‘lanish. Burchak tezlanish.

4. Hosila va integralning fizikaviy masalalarga tadbiqi. Absolyut qattiq jismning erkinlik darajasi.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Harakat, moddiy nuqta, ko‘chish, traektoriya, yo‘l, vaqt, tezlik, oniy tezlik, tekis o‘zgaruvchan harakat, tekis egri chiziqli harakat, tezlanish, oniy tezlanish, normal va tangentsial tezlanish, burchak tezlik va tezlanish.

1. Mexanika haqida umumiy ma’lumot. Klassik va kvant mexanikasi. Kinematika va dinamika. Asosiy fizik modellar: moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi, absolyut qattiq jism, yaxlit muhit.

Jismlarning mexanik harakat va o‘zaro ta’sir qonuniyatlarini o‘rganish bilan shug‘ullanuvchi fizikaning bo‘limi **mexanika** deyiladi. Bunda jismga mexanik ta’sir deganda boshqa jismlarning ko‘rilayotgan jismning mexanik harakat holatini o‘zgarishiga yoki uning **deformatsiyalanishiga,** ya’ni uning qismlarini o‘zaro joylashuvini o‘zgarishiga olib keluvchi ta’siri tushuniladi.

Umumiy holda jismga mexanik ta’sirning bu ikki ko‘rinishi bir-biri bilan birga uchraydi.

Tez harakatlanuvchi jismlarning **relyativistik mexanikasidan** farqli o‘laroq kichik tezlik bilan (yorug‘likning vakuumdagi tezligi s=$3\cdot10^8$m/c ga qaraganda) harakatlanuvchi jismlar mexanikasi **klassik mexanika** deyiladi. Klassik mexanika asoslarini I.Nyuton ishlab chiqqan. Shuning uchun uni odatda **Nyuton mexanikasi** deyiladi. Relyativistik mexanika maxsus nisbiylik nazariyasiga asoslanadi va uni keyinroq ko‘rib (9-va 10- ma’ruzalarga ga qarang) chiqamiz.

Biz Nyuton mexanikasining ikki asosiy bo‘limi: kinematika va dinamikani o‘rganish bilan chegaralanamiz. Kinematikada harakatning har bir aniq turini amalga oshish sababini hisobga olmasdan jismlar mexanik harakatining matematik tavsifi beriladi. Mexanikaning asosiy bo‘limi dinamika bo‘lib, jismlar o‘zaro ta’sirlarining ular mexanik harakatiga ta’sirini tadqiqot qilish bilan shug‘ullanadi.

Har doim mexanikaning u yoki bu aniq masalasini echishda xayolan jismlar to‘plamidan berilgan masalada muhim bo‘lgan jismni ajratib olishga to‘g‘ri keladi. Bunday ko‘rilayotgan jismlarning xayolan ajratilgan majmuasiga mexanik sistema deyiladi.

Bizni o‘rab olgan hamma jismlar nihoyatda ko‘p sonli molekula va atomlardan tuzilgan bo‘lib, **makroskopik sistemani** tashkil qiladi. Jismlarning mexanik xossalari ularning kimyoviy tarkibi, ichki tuzilishi va holati bilan aniqlanib, ularni o‘rganish mexanika doirasidan chetga chiqishi sababli bu masalalar fizikaning boshqa bo‘limlarida ko‘rib chiqiladi. Mexanikada real jismlarni tavsiflashda konkret masala shartiga qarab moddiy nuqta, absolyut qattiq jism, absolyut elastik jism, absolyut noelatik jism va shu kabi sodda modellardan foydalaniladi. U yoki bu modelni tanlash berilgan masalada real jismning barcha muhim o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olish, hamma ikkinchi darajali, masala echishni qiyinlashtiruvchilarini esa tashlab yuborish bilan amalga oshirilishi zarur.

Tabiatdagi mavjud jismlarning vaziyatini, xususiyatlarini va harakatlarini o‘rganishda hamda ular bilan bog‘liq bo‘lgan jarayonlarni tasvirlashda qo‘yilgan maqsadning mohiyatiga ko‘ra *fizikada* har hil soddalashtirilgan o‘xshatmalardan (*modellardan*) foydalaniladi, ya’ni mavjud oboektlarni ularning ideallashgan nusxasi-modeli bilan almashtiriladi. SHu maqsadda fizikaning mexanika bo‘limida moddiy nuqta, mutlaq (absolyut) qattiq jism, uzluksiz (yaxlit) muhit deb ataladigan mexanikaviy o‘xshatmalardan (modellardan) foydalaniladi.

Moddiy nuqta deganda, shakli, o‘lchami va tuzilishi ko‘rilayotgan masala uchun axamiyatga ega bo‘lmagan, lekin ma’lum massaga ega bo‘lgan jism tushuniladi.

O‘rganilayotgan sharoitda geometrik o‘lchamlari va shakli hisobga olinmaydigan hamda massasi bir nuqtaga to‘plangan deb qaraladigan har qanday jism moddiy nuqta deb ataladi. Moddiy nuqta tushunchasi ilmiy abstraktsiya hisoblanadi. Bu tushunchani kiritganda biz asosiy eotiborni o‘rganilayotgan hodisaning bosh mohiyatini aniqlab beruvchi tomonlarga qaratib, boshqa xususiyatlar (jismning geometrik o‘lchamlari, tarkibi, ichki holati va bu xolatning o‘zgarishi kabi xususiyatlar) ni inobatga olmaymiz. Nazariy mexanika fanida faqat birgina jism o‘rganilmasdan bir necha jismlar to‘plami ham o‘rganiladi. Bu jismlarni moddiy nuqtalar to‘plami (tizimi) deb qarash mumkin. Bitta makroskopik jismni ham xayolan mayda bo‘lakchalarga bo‘lib, bu bo‘lakchalarni o‘zaro ta’sirlashuvchi moddiy nuqtalar tizimi (sistemasi) deb tasavvur qilish mumkin.

Ayni bir jismni bir masalada moddiy nuqta deb hisoblash mumkin, boshqalarida esa mumkin emas. Masalan, Er va boshqa sayyoralarning Quyosh atrofidagi orbitadagi harakati ko‘rilayotganda ularni moddiy nuqta deb qarash mumkin, chunki sayyoralar o‘lchami ularning orbitalari o‘lchamlaridan kichik. Shu vaqtning o‘zida mexanikaning «Er» dagi barcha masalalarida Erni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin emas. O‘rganilayotgan mexanik sistemani tashkil etuvchi har qanday ko‘lami katta jism yoki jismlar sistemasini **moddiy nuqtalar sistemasi** deb qarash mumkin. Buning uchun sistemasining barcha jismlarini xayolan shu qadar ko‘p sondagi qismlarga bo‘lish kerakki, har bir qism o‘lchami jismlarning o‘zlarini o‘lchamlariga nisbatan solishtirilganda juda ham kichik bo‘lsin.

Absolyut qattiq jism deb, xohlagan ikki nuqtasi orasidagi masofa doimo o‘zgarmay qoladigan jismga aytiladi. Bu model ko‘rilayotgan masalada jismning boshqa jismlar bilan o‘zaro ta’sirlashgandagi deformatsiyasi juda ham kichik bo‘lgan hollarda yaroqlidir. Absolyut qattiq jismni bir-biri bilan qattiq bog‘langan moddiy nuqtalar tizimi ko‘rinishida deyishimiz mumkin. Kelgusida anglashilmovchilik keltirib chiqarmaydigan joylarda «absolyut qattiq jism» demasdan qisqacha «qattiq jism» deb ayta qolamiz. Mos ravishda «jism tarkibiga kiruvchi moddiy nuqtalar» so‘zlari o‘rniga «moddiy nuqta» deb aytamiz.

Absolyut elastik jism va absolyut noelastik jism-real jismlarning ikki chegaraviy holi bo‘lib, o‘rganilayotgan jarayonlarda ularning deformatsiyalarini hisobga olmaslik mumkin emas (masalan, jismlarning urilishida). **Absolyut elastik jism** deb, uning deformatsiyalari Guk qonuniga bo‘ysunadigan, ya’ni ularni yuzaga chiqaruvchi kuchga proporsional bo‘lgan jismga aytiladi. **Absolyut noelastik jism** deb, tashqi mexanik ta’sir to‘xtatilgach ta’sir tufayli hosil bo‘lgan deformatsiya holatini to‘liq o‘zida saqlaydigan jismga aytiladi.

2. Mexanik harakat - materiya harakatining eng sodda turi. Moddiy nuqta ilgarilanma harakat kinematikasi va kinematika elementlari: vaqt, fazo tushunchasi, sanoq sistemasi, tezlik, tezlanish, normal va tangentsial tezlanishlar.

Materiya harakatining fazodagi har qanday o‘zgarishiga harakat deyiladi. Materiya harakatining eng sodda turi mexanik harakat bo‘lib, u jismlar yoki jism qismlarining fazoda bir-biriga nisbatan siljishini ifodalaydi. Mexanik harakatni fazo va vaqtdan ajratilgan xolda tassavur etib bo‘lmaydi, chunki har kanday hodisa fazoning qaeridadir va qachondir sodir bo‘ladi.

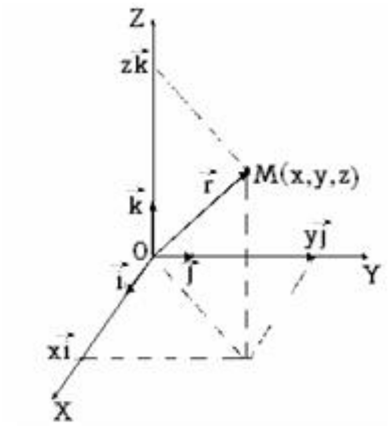
Harakatni tekshirilayotgan jismning turli paytlarda fazodagi vaziyatlarini aniqlash uchun sanoq sistemasi qabul qilinadi. Har bir harakat biror sanoq sistemasiga nisbatan qaralishi kerak. Biror jismni uloqtirib, uning uyga nisbatan qilayotgan harakatini ko‘rsak, bu holda uy sanoq jismini tashkil qiladi. Sanoq sistemasi uchun yana soat mexanizmi va koordinata sistemasi olinadi. Koordinata sistemasini shunday tanlab olinadiki, bunda uning boshlanish nuqtasi jism harakatining tekshira boshlash nuqtasiga to‘g‘ri kelishi kerak.

Hamma jismlar fazo va vaqtda mavjud va harakatlanadi. Fazo va vaqt tushunchalari hamma tabiiy fanlar uchun asosiydir. Har qanday jism hajmga, ya’ni fazoviy ko‘lamga ega. Vaqt-har qanday jarayon, ixtiyoriy harakatni tashkil etuvchi holatlarning almashinish tartibini ifodalaydi. U jarayonning davomiyligini o‘lchovi bo‘lib xizmat qiladi. Shunday qilib, fazo va vaqt materiya mavjudligining eng umumiy shaklidir. Shuningdek, qandaydir, boshqa jismlarga qiyos qilmay turib «umuman» biror jismning fazodagi vaziyati va mexanik harakati to‘g‘risida gapirish hech qanday maonoga ega emas. Doimo qandaydir aniq tanlangan boshqa jismga nisbatan bu jismning holati va harakati haqida gapiriladi (masalan, Quyoshga nisbatan sayyoralar, Erga nisbatan samolyot va xokazo).

O‘rganilayotgan jismning holatini ixtiyoriy vaqt momentida bir qiymatli aniqlash uchun sanoq sistemasini tanlab olishimiz zarur.

Sanoq sistemasi deb, soat bilan taominlangan, absolyut qattiq jismga qattiq bog‘langan va unga nisbatan vaqtning har xil momentlarida boshqa jismlarning holatlari aniqlanadigan koordinatalar sistemasiga aytiladi. Bunda soat deganda vaqtni yoki, aniqrog‘i hodisalar o‘rtasidagi vaqt oraliqlarini o‘lchashda ishlatiladigan qurilma tushuniladi: vaqt bir jinsli bo‘lganligidan uning sanoq boshini ixtiyoriy tanlash mumkin. Nyuton mexanikasida fazoning xossalari Evklid geometriyasi bilan tavsiflanadi, vaqt o‘tishi esa hamma sanoq sistemalarida bir xil deb faraz qilinadi. Bundan buyon Er bilan qattiq bog‘langan sanoq sistemasini Er yoki laboratoriya sistemasi deb ataymiz.

Ko‘pincha, 2.1-rasmda tasvirlangan to‘g‘riburchakli dekart koordinatalarning o‘ng sistemasidan foydalaniladi. Bu erda $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ - **ortonormalangan bazis**, koordinatalar sistemasining ortlari - modul bo‘yicha birlik va o‘zaro perpendikulyar vektorlar. Agar uchinchi ort (vektor $\vec{k}$) oxiridan birinchi ort ($\vec{i}$) dan ikkinchi ort ($\vec{j}$) ga eng qisqa masofa orqali aylanish, soat strelkasi aylanishiga teskari ko‘rinsa, ya’ni $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ vektorlarning o‘zaro yo‘nalishi o‘ng qo‘lning uchta bosh, ko‘rsatgich va o‘rta barmoqlari o‘zaro perpendikulyar joylashgandagi o‘zaro yo‘nalishlari bilan



2.1-rasm

mos tushsa, bunday koordinatalar sistemasini o‘ng koordinatalar sistemasi deyiladi.

Moddiy nuqta M ning koordinata sistemasiga nisbatan holatini ikkita ekvivalent usul bilan berish mumkin: M nuqtaning hamma *x, y, z* koordinatalari qiymatlarini ko‘rsatish yoki uning radius vektori $\vec{r}$ - koordinata boshi 0 dan M nuqtaga o‘tkazilgan vektor qiymatini ko‘rsatish bilan. Vektorlarni qo‘shish qoidasidan kelib chiqadiki, M nuqtaning radius vektorini $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ bazislar yordamida quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}\,. \tag{2.1}$$

M nuqtaning koordinatalari *x, y, z* bazisga nisbatan $\vec{r}$ **radius-vektorning koordinatalari** (komponentlari), $x\vec{i}, y\vec{j}, z\vec{k}$ - vektorlar esa koordinata o‘qlari bo‘yicha **tashkil etuvchi vektorlar** deyiladi. Bu koordinatalar sistemasi ortogonal bo‘lganligidan *x, y, z* larning qiymatlari $\vec{r}$ vektorning dekart koordinatalar o‘qlaridagi proeksiyalariga teng:

$$\left.\begin{aligned} r_x &= np_x\vec{r} = r\cos\alpha = x,\\ r_y &= np_y\vec{r} = r\cos\beta = y,\\ r_z &= np_z\vec{r} = r\cos\gamma = z, \end{aligned}\right\} \tag{2.2}$$

bu erda α, β va γ - radius-vektor $\vec{r}$ bilan koordinata o‘qlarining ortlari orasidagi burchaklar.

M nuqtaning harakati tufayli uning koordinatalari va radius-vektori vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi. SHunga ko‘ra M nuqtaning harakat qonunini berish uchun t vaqt bo‘yicha funktsional bog‘lanishning ko‘rinishini yoki hamma uchta uning koordinatasi:

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \tag{2.3}$$

yoki uning radius-vektori

$$\vec{r} = \vec{r}\,(\mathrm{t}) \tag{2.3`}$$

uchun ko‘rsatish zarur. Uchta tenglama (2.3) yoki unga ekvivalent bo‘lgan bitta (2.3`) vektor tenglamani nuqta **harakatining kinematik tenglamasi** deyiladi.

Nuqtaning traektoriyasi deb, tanlangan sanoq sistemasiga nisbatan nuqta harakatida chiziladigan chiziqqa aytiladi.

Nuqta harakatining kinematik tenglamalari (2.3) uning traektoriyasini parametrik shaklda beradi. Parametr bo‘lib vaqt t xizmat qiladi. Nuqta traektoriyasi tenglamasining odatdagi, ya’ni traektoriya nuqtalarining dekart koordinatalarini o‘zaro bog‘lovchi ikki tenglama ko‘rinishidagi shaklini (2.3) tenglamalarni echib, parametr t ni chiqarib tashlash yo‘li bilan olish mumkin. Masalan, nuqta harakatining kinematik tenglamasi quyidagi shaklda berilgan bo‘lsin:

$$x = a\cos\omega t, \;\; y = b\sin\omega t, \;\; z = 0,$$

bu erda ω=const.

Bu nuqta traektoriyasining tenglamasi

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \qquad z = 0,$$

ya’ni nuqta z=0 tekislikda yarim o‘qlari *a* va b ga teng elliptik traektoriya bo‘ylab harakatlanadi.

Traektoriyaning shakliga bog‘liq ravishda **nuqtaning to‘g‘ri chiziqli** va **egri chiziqli harakatlarini** farqlaydilar. Nuqta traektoriyasi yassi egri chiziq bo‘lib, ya’ni butunlay bir tekislikda yotsa, bunday nuqta harakati **yassi harakat** deyiladi.

Jismning mexanik harakati **nisbiydir:** uning xarakteri, xususan, jism nuqtalarining traektoriyalari sanoq sistemasini tanlanishiga bog‘liq. Masalan, ma’lumki, Quyosh bilan bog‘langan sanoq sistemasiga nisbatan Quyosh sistemasidagi sayyoralar elliptik orbita bo‘ylab harakatlanadi. Xuddi shu vaqtda erdagi sanoq sistemasiga nisbatan ular etarlicha chalkash traektoriya bo‘yicha harakatlanadi.

Umumiy holda nuqta traektoriyasi fazoviy chiziqdir. Kinematikada nuqtaning ixtiyoriy traektoriyasini tavsiflashda urinuvchi tekislik va urinuvchi aylana, egrilik markazi va radiusi, bosh normal va boshqa tushunchalardan foydalaniladi.

Egri chiziqning biror M nuqtasidagi **urinuvchi tekislik** deb, bu egri chiziqning uchta N, M va R nuqtalaridan o‘tuvchi tekislikning N va R nuqtalar cheksiz M nuqtaga yaqinlashgandagi chegaraviy holatiga aytiladi. Egri chiziqqa M nuqtada **urinuvchi aylana** deb, bu egri chiziqning uchta N, M va R nuqtalaridan o‘tuvchi aylananing N va R nuqtalar cheksiz M nuqtaga yaqinlashgandagi chegaraviy holatiga aytiladi. Urunivchi aylana urinuvchi tekislikda yotadi, uning markazi va radiusi egri chiziqning M nuqtasidagi **egrilik markazi** va **egrilik radiusi** deb ataladi. **Bosh normalning** M nuqtadagi **birlik vektori** $\vec{n}$ traektoriyaning M nuqtasidan egrilik markaziga yo‘naltiriladi, **urinmaning birlik vektori** $\vec{\tau}$ - harakat yo‘nalishida M nuqtada traektoriyaga urinma bo‘ladi. $\vec{n}$ va $\vec{\tau}$ vektorlar urinuvchi tekisliklarda yotadi va ular o‘zaro ortogonaldir (to‘g‘ri burchaklidir).

Agar nuqta traektoriyasi yassi egri chiziq bo‘lsa, urinuvchi tekislik hamma nuqtalari traektoriya yotgan tekislik bilan ustma-ust tushadi.

Agar traektoriya to‘g‘ri chiziqli bo‘lsa, uning uchun urinuvchi tekislik, urinuvchi aylana, bosh normal, egrilik markazlari mahnoga ega emas. Bunday traektoriyani tobora to‘g‘rilanib borayotgan egri chiziqli traektoriyaning chegaraviy holi sifatiga qarab, to‘g‘ri chiziqli traektoriyaning egrilik radiusi cheksiz katta deb hisoblash mumkin.

Yo‘l uzunligi deb, ko‘rilayotgan vaqt oraligida nuqta bosib o‘tgan va traektoriya bo‘ylab nuqtaning harakat yo‘nalishida o‘lchanadigan S masofaga aytiladi.

Boshqacha aytganda, nuqtaning o‘tgan yo‘l uzunligi ko‘rilayotgan vaqt oraligida nuqta bosib o‘tgan traektoriyadagi hamma qismlarning uzunliklari yig‘indisiga teng. Bu taoriflardan kelib chiqadiki, yo‘l uzunligi S manfiy bo‘lishi mumkin emas. Aytaylik, nuqta traektoriyaning AB qismi bo‘ylab harakatlanayotgan bo‘lsin (2.2-rasm). Vaqtning boshlang‘ich paytida (t=0) radius-vektori $\vec{r}_0 = \vec{r}(0)$ bo‘lgan A nuqtada, vaqtning t>0 paytida esa radius-vektori $\vec{r} = \vec{r}$ (t) bo‘lgan M nuqtada bo‘lsin. Agar nuqta hamma ko‘rilayotgan 0 dan t gacha vaqt oraligida ayni bir yo‘nalishda harakatlansa, u holda 2.2-rasmda ko‘rsatilgandek, bu vaqtda nuqtaning o‘tgan yo‘li S(t)= $\cup$ MA. Lekin nuqta yanada murakkabroq ko‘rinishda harakatlanishi ham mumkin. Masalan, 0 dan t_1<t gacha bo‘lgan vaqt oraligida traektoriyaning A nuqtasidan V nuqtasiga ko‘chishi mumkin, so‘ngra shu traektoriya bo‘yicha orqaga qaytib, vaqtning t payitida M nuqtada bo‘ladi. Bu holda 0 dan t gacha bo‘lgan vaqt oraligida nuqtaning yo‘li $S(t) = \cup AB + \cup BM$, ya’ni $S(t) > \cup AB$.

t=t_1 dan t=t_2 gacha vaqt oraligidagi **nuqtaning ko‘chish vektori** deb, ko‘rilayotgan vaqt oraligida shu nuqta radius- vektorining orttirmasiga aytiladi:

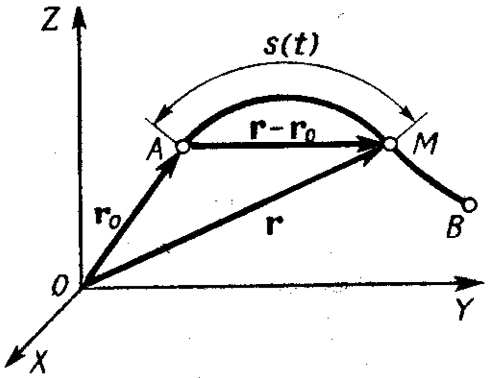
$$\vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) .$$

Ko‘chish vektori nuqta traektoriyasining harakatlanuvchi nuqtani t_1 vaqt momentidagi holatidan t_2 vaqt momentidagi holatigacha mos kelgan qismini tortib turuvchi vatar bo‘yicha yo‘nalgan. Shuning uchun nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakatidan tashqari hamma hollarda ko‘chish vektorining moduli nuqtaning shu vaqt oraligida bosib o‘tgan yo‘li uzunligidan kichik. 2.2-rasmda

0 dan t gacha vaqt oraligidagi nuqtaning ko‘chish vektori $\vec{r}-\vec{r}_0$ ko‘rsatilgan.

Geometriyadan ma’lumki, biror egri chiziq va uni tortib turuvchi vatar uzunligining farqi shu qism uzunligi ozayishi bilan kamayib boradi. Demak, etarlicha kichik dt(t dan t + dt gacha) vaqt oraligida ko‘rilayotgan traektoriya bo‘yicha **nuqtaning elementar ko‘chish** vektori d$\vec{r}$ = $\vec{r}$(t+dt)- $\vec{r}$(t) moduli bilan shu vaqtdagi yo‘l uzunligi dS=S(t+dt) - S(t) ning farqini hisobga olmasligimiz mumkin. : |d$\vec{r}$|=dS. Aytilganlardan ma’lumki, d$\vec{r}$ vektor birlik urinma vektor $\vec{\tau}$ kabi traektoriyaga urinma ravishda nuqta harakati tomon yo‘nalgan. Shunday qilib,

$$d\vec{r} = |d\vec{r}|\vec{\tau} = dS \cdot \vec{\tau}\,. \tag{2.4}$$



2.2 - rasm

(2.1) ga asosan t dan t+Δt gacha har qanday chekli vaqt oraligida moddiy nuqtaning ko‘chish vektorini uch koordinata o‘qlari bo‘ylab nuqta siljishlarining geometrik yig‘indisi ko‘rinishida quyidagicha ko‘rsatish mumkin:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t+\Delta t) - \vec{r}(t) = \Delta x\vec{i} + \Delta y\vec{j} + \Delta z\vec{k}\,. \tag{2.5}$$

Bu erda $\Delta x = x(t+\Delta t) - x(t),\ \ \Delta y = y(t+\Delta t) - y(t),\ \ \Delta z = z(t+\Delta t) - z(t)$ - moddiy nuqta koordinatalarining ko‘rilayotgan vaqt oraligidagi orttirmalari.

Mexanikada nuqta harakatining yo‘nalishi va jadalligini xarakterlash uchun tezlik deb ataluvchi vektor fizik kattalik kiritiladi. Nuqtaning t dan t + Δt gacha vaqt oralig‘idagi **o‘rtacha tezligi deb,** shu vaqt oraligidagi radius-vektor orttirmasi Δ$\vec{r}$ ni uning davomiyligi Δt ga nisbatiga teng bo‘lgan $<\vec{\mathbf{v}}>$ vektorga aytiladi:

$$<\vec{\mathbf{v}}> = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \tag{2.6}$$

O‘rtacha tezlik orttirma vektori Δ$\vec{r}$ kabi, ya’ni nuqta traektoriyasining mos qismini tortib turuvchi vatar bo‘ylab yo‘nalgan. (Vaqt harakatlanuvchi nuqta koordinatalaridan farqli o‘laroq kamayishi mumkin emas. Shuning uchun nuqta ko‘chishining har qanday davomiyligi Δt>0). Shuningdek, $|\Delta\vec{r}| \le \Delta S$, bu erda ΔS -nuqtaning ko‘rilayotgan vaqt oraligidagi yo‘l uzunligi, u holda

$$|<\vec{\mathbf{v}}>| \le \frac{\Delta S}{\Delta t}\ . \tag{2.7}$$

(2.7) dagi tenglik belgisi t dan t+Δt gacha vaqt oraligida nuqtaning to‘g‘ri chiziqli traektoriya bo‘ylab ayni bir yo‘nalishda harakatlanishiga mos keladi.

Nuqtaning t vaqt momentidagi **tezligi** deb, shu nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng vektor kattalik $\vec{\mathbf{v}}$ ga aytiladi.

$$\vec{\mathbf{v}} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \qquad (2.8)$$

yoki

$$\vec{\mathbf{v}} = \lim_{\Delta t \to 0} < \vec{\mathbf{v}} > \quad . \qquad (2.8`)$$

Tezlik vektori nuqta traektoriyasiga urinma bo‘ylab harakat yo‘nalishi tomon yo‘nalgan. (2.4) dan ko‘rinadiki,

$$\vec{\mathbf{v}} = \frac{dS}{dt}\vec{\tau}, \qquad \upsilon = |\vec{\mathbf{v}}| = \frac{dS}{dt} \quad , \qquad (2.9)$$

ya’ni nuqtaning tezlik moduli bu nuqtaning bosib o‘tgan yo‘lidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng. Vektor $\vec{\mathbf{v}}$ ni $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ bazis bo‘yicha, ya’ni to‘g‘ri burchakli dekart koordinatalar sistemalarining o‘qlari bo‘yicha uchta tashkil etuvchilarga ajratish mumkin:

$$\vec{\mathbf{v}} = \upsilon_x \vec{i} + \upsilon_y \vec{j} + \upsilon_z \vec{k} \quad , \qquad (2.10)$$

bunda (2.1) va (2.8) ga asosan

$$\upsilon_x = \frac{dx}{dt}, \quad \upsilon_y = \frac{dy}{dt}, \quad \upsilon_z = \frac{dz}{dt}, \qquad (2.11)$$

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2 + \upsilon_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} \; . \qquad (2.11`)$$

Agar nuqtaning tezlik vektori $\vec{\mathbf{v}}$ ning yo‘nalishi o‘zgarmasa, u holda nuqta traektoriyasi to‘g‘ri chiziqli bo‘ladi. Nuqtaning egri chiziqli harakatida uning tezlik yo‘nalishi uzliksiz o‘zgaradi. **Tekis harakatda** nuqtaning υ tezlik moduli o‘zgarmas, nuqtaning t dan t+Δt gacha vaqt oralig‘ida bosib o‘tgan yo‘li $\Delta S = \upsilon \cdot \Delta t$. Bu holda nuqta teng vaqt oraliqlarida teng uzunliklardagi yo‘llarni bosib o‘tadi.

Agar nuqta $\vec{\mathbf{v}}$ tezlik bilan 0X o‘q bo‘yicha to‘g‘ri chiziqli va tekis harakatlansa, u holda uning x koordinatasining vaqtga bog‘lanishini ko‘rinishi $x = x_0 + \upsilon_x t$, bu erda x_0 – vaqtning boshlang‘ich (t=0) paytidagi x ning qiymati, υ_x - nuqta tezligining 0X o‘qdagi proeksiyasi.

Agar nuqta tezlik vektorining moduli vaqt o‘tishi bilan o‘zgarsa, nuqtaning bunday harakatini **notekis harakat** deyiladi. Nuqtaning t dan t+Δt gacha vaqt oraligida notekis harakatda bosib o‘tgan ΔS yo‘li

$$\Delta S = \int_t^{t+\Delta t} \upsilon \cdot dt \qquad (2.12)$$

ga teng. Harakat jarayonida tezlik moduli ortsa, ya’ni $\frac{d\upsilon}{dt} > 0$, nuqtaning bunday notekis harakatini **tezlanuvchan harakat** deyiladi. Agarda $\frac{d\upsilon}{dt} < 0$ bo‘lsa, u holda nuqtaning harakatini **sekinlanuvchan harakat** deyiladi.

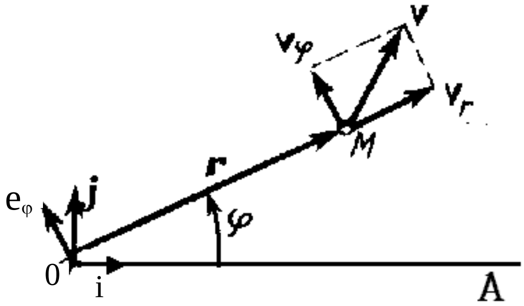
Mexanikada ko‘pincha tezliklari bir-biriga nisbatan harakatlanuvchi turli sanoq sistemalarida berilgan ikki yoki undan ortiq bir vaqtda ro‘y berayotgan harakatlarni qo‘shilishi sodir bo‘ladigan masalalar bilan ish ko‘rishga to‘g‘ri keladi. Oddiy misol sifatida quyidagi masalani ko‘ramiz: teploxod suvga nisbatan $\vec{\mathbf{v}}_1$ tezlik bilan daryo oqimi bo‘ylab pastga ketayapti; agar daryoning oqim tezligi $\vec{\mathbf{v}}_2$ bo‘lsa, teploxodning qirg‘oqqa nisbatan tezligini toping. Buning javobi har bir maktab o‘quvchisiga ma’lum-teploxodning qirg‘oqqa nisbatan tezligi $\vec{\mathbf{v}}_1$ va $\vec{\mathbf{v}}_2$ tezliklarning geometrik yig‘indisiga teng

$$\vec{\mathbf{v}} = \vec{\mathbf{v}}_1 + \vec{\mathbf{v}}_2 \ .$$

Lekin bu odatdagi munosabatdan foydalanib, ko‘pchilik u faqat tezlikni vektor harakterining natijasigina bo‘lib qolmay, shuning bilan birga Nyuton mexanikasining asosida yotuvchi fazo va vaqtning xossalari haqidagi tasavvurlar oqibati ham ekanligini o‘ylamaydi. Qirg‘oqqa bog‘langan sanoq sistemasida o‘lchangan tezlikning vektor xarakteridan faqat teploxodning qirg‘oqqa nisbatan natijaviy tezligi $\vec{\mathbf{v}}$ ni topish uchun daryo oqimining tezlik vektori $\vec{\mathbf{v}}_2$ ga teploxodning daryo suviga nisbatan harakatining qirg‘oq bilan bog‘langan sanoq sistemasida o‘lchangan tezlik vektori $\vec{\mathbf{v}}_1{}^*$ ni qo‘shish kerakligi kelib chiqadi xolos: $\vec{\mathbf{v}} = \vec{\mathbf{v}}_1{}^* + \vec{\mathbf{v}}_2$. Shunday qilib, yuqorida $\vec{\mathbf{v}}$ uchun keltirilgan ifodani isbotlashda $\vec{\mathbf{v}}_1{}^* = \vec{\mathbf{v}}_1$ ekanini isbotlash kerak.

Nyuton mexanikasida ikki voqea o‘rtasidagi vaqt oraliklari va ikki nuqta orasidagi masofalarning invariantligi to‘g‘risidagi ikkita aksiomani o‘rinli ekanligi faraz qilinadi. Demak, ayni bir dt vaqt oralig‘ida teploxod qirg‘oq bilan bog‘langan sanoq sistemasida ham, daryodagi suv bilan harakatlanayotgan sanoq sistemasida ham ayni bir $d\vec{r}$ masofani bosib o‘tadi. Shuning uchun

$$\vec{\mathbf{v}}_1 = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{\mathbf{v}}_1^* \ .$$



2.3-rasm

4. Nuqtaning tekis harakatini tavsiflash uchun ko‘pincha r va φ qutb koordinatalardan foydalanish qulay ekan, bu erda r – qutb 0 dan qaralayotgan M nuqtagacha bo‘lgan masofa, φ esa qutb burchagi bo‘lib, u qutb o‘qi 0A dan soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda hisoblanadi (2.3-rasm). M nuqtaning $\vec{\mathbf{v}}$ tezligini o‘zaro perpendikulyar ikkita tashkil etuvchilarga - **radial tezlik $\vec{\mathbf{v}}_r$ va transversal tezlik** $\vec{\mathbf{v}}_\varphi$ larga ajratish mumkin:

$$\vec{\mathbf{v}} = \vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{r}} + \vec{\mathbf{v}}_{\varphi} \qquad \text{va} \qquad \upsilon = \sqrt{\upsilon_r^2 + \upsilon_\varphi^2} \;. \tag{2.13}$$

$\vec{\mathbf{v}}_{\mathbf{r}}$ va $\vec{\mathbf{v}}_{\varphi}$ larning qiymatlarini topish uchun M nuqtaning qutb radius-vektori $\vec{r}$ ning ifodasini quyidagi shaklda yozamiz: $\vec{r}$ =r($\vec{i}$ cosφ + $\vec{j}$ sinφ), bunda $\vec{i}$ – 0A qutb o‘qining orti, $\vec{j}$ - 0A dan $\varphi = \frac{\pi}{2}$ burchak tashkil etuvchi o‘qning orti (2.3-rasm). U holda M nuqtaning tezligi

$$\vec{\mathbf{v}} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dr}{dt}(\vec{i}\cos\varphi + \vec{j}\sin\varphi) + r\frac{d\varphi}{dt}(-\vec{i}\sin\varphi + \vec{j}\cos\varphi).$$

Bu erda $\vec{i}\cos\varphi + \vec{j}\sin\varphi = \frac{\vec{r}}{r}$ - M nuqtaning $\vec{r}$ -radius-vektor yo‘nalishiga to‘g‘ri keluvchi birlik vektor, - $\vec{i}\sin\varphi + \vec{j}\cos\varphi = \vec{e}_\varphi$ - $\vec{r}$ vektorga ortogonal bo‘lgan birlik vektor. Shunday qilib,

$$\vec{\mathbf{v}}_r = \frac{dr}{dt}\cdot\frac{\vec{r}}{r}, \qquad \vec{\mathbf{v}}_\varphi = r\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_\varphi. \tag{2.14}$$

Bu formulalardan ko‘rinadiki, nuqtaning radial tezligi nuqtadan qutbgacha bo‘lgan masofani o‘zgarish jadalligini, transversal tezligi esa – qutb burchagi φ ning o‘zgarish jadalligini, ya’ni nuqtaning qutb radius-vektori $\vec{r}$ ni aylanish jadalligini harakaterlaydi.

dt vaqtda M nuqtaning qutb radius-vektori $\vec{r}$ qutb O atrofida kichik dφ burchakka buriladi va $dS = \frac{1}{2}r^2 d\varphi$ doiraviy sektor yuzasini chizib o‘tadi.

$$\sigma = \frac{dS}{dt} = \frac{1}{2}r^2\frac{d\varphi}{dt} \tag{2.15}$$

kattalik M nuqtaning **sektorial tezligi** deyiladi.

Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli tekis harakatdan tashqari har qanday harakatida uning tezligi o‘zgaradi. Mexanikada nuqtaning $\vec{\mathbf{v}}$ tezlik o‘zgarishi jadalligini xarakterlash uchun <u>tezlanish</u> deb ataluvchi vektor fizik kattalik kiritiladi.

Nuqtaning $\vec{\mathrm{v}}$ tezligidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng bo‘lgan $\vec{a}$ vektorga tezlanish deyiladi:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{\mathbf{v}}}{dt} \;. \tag{2.16}$$

Shuningdek, (2.8) ga asosan nuqtaning tezlanishi $\vec{r}$ radius-vektordan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng:

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \;. \tag{2.16`}$$

Nuqta tezlanishini $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ bazis bo‘yicha, ya’ni to‘g‘ri burchakli dekart koordinatalar sistemasining o‘qlari bo‘yicha tashkil etuvchilarga ajratish quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k} \qquad , \tag{2.17}$$

bu erda

$$\left.\begin{aligned} a_x &= \frac{d\upsilon_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}, \\ a_y &= \frac{d\upsilon_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}, \\ a_z &= \frac{d\upsilon_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}. \end{aligned}\right\} \qquad (2.17`)$$

Bu erda υ_x, υ_u, υ_z – nuqta tezligining komponentlari, x, u va z – lar esa shu nuqtaning ko‘rilayotgan vaqt momentidagi koordinatalari.

Agar nuqta traektoriyasi tekislikda yotgan egri chiziqdan iborat bo‘lsa, u holda $\vec{a}$ tezlanish shu tekislikda yotadi. Umumiy holda nuqta traektoriyasi fazoviy egri chiziqdan iborat bo‘lib, $\vec{a}$ tezlanish esa urinuvchi tekislikda yotadi. Urinuvchi tekislikda ikkita tanlangan yo‘nalish bor – traektoriyaga urinma ($\vec{\tau}$ ort) va bosh normal ($\vec{n}$ ort). Shuning uchun $\vec{a}$ vektorni shu yo‘nalishlar, ya’ni $\vec{\tau}$, $\vec{n}$ bazis bo‘yicha ikkita tashkil etuvchiga ajratish qulaydir:

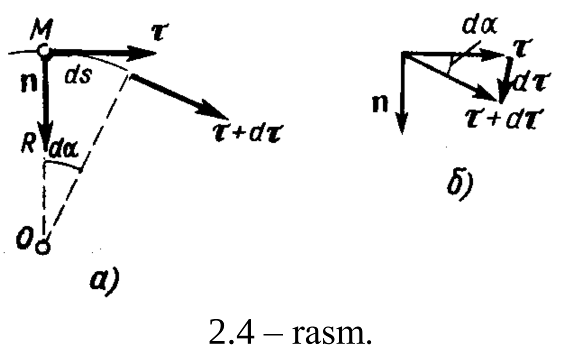
$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau. \qquad (2.18)$$

$\vec{a}_\tau = a_\tau \vec{\tau}$ tashkil etuvchini nuqtaning urinma yoki **tangentsial tezlanishi**, $\vec{a}_n = a_n \vec{n}$ tashkil etuvchini esa nuqtaning **normal tezlanishi** deyiladi. $\vec{a}$ vektor komponentlari a_n va a_τ larning qiymatini topish uchun nuqta tezligi $\mathbf{v} = \upsilon\vec{\tau}$ uchun (2.9) munosabatdan foydalanamiz. Shunday qilib,

$$\vec{a} = \frac{d}{dt}(\upsilon\vec{\tau}) = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau} + \upsilon\frac{d\vec{\tau}}{dt} \qquad (2.19)$$

Bu erda $d\vec{\tau}$-nuqtaning kichik dt vaqt ichida traektoriya bo‘yicha o‘tadigan $dS=\upsilon dt$ elementar yo‘lga mos keluvchi traektoriyaga urinma ortning orttirmasi (2.4,a-rasm).

Traektoriyaning bu qismi kichik bo‘lgani uchun uni $d\alpha = \frac{dS}{R} = \frac{\upsilon}{R}dt$ markaziy burchakka to‘g‘ri keladigan, markazi 0 nuqtada bo‘lgan R radiusli urinuvchi aylananing mos qismi bilan ustma-ust tushadi deb hisoblash mumkin.



2.4 – rasm.

Traektoriya bo‘yicha kichik dS masofaga ko‘chishda mos holda urinmaning birlik vektori dα burchakka buriladi deb hisoblash mumkin (2.4,b-rasm). Vektorlar $\vec{\tau}$, $\vec{\tau} + d\vec{\tau}$ va $d\vec{\tau}$ ning teng yonli uchburchagidan ko‘rinadiki, dα ning kichikligi sababli $[d\vec{\tau}] = 2[\vec{\tau}]\sin\left(\frac{d\alpha}{2}\right) = d\alpha$, $d\vec{\tau}$ vektorning yo‘nalishi esa $\vec{k}$ bosh normalning orti bilan mos keladi. Shunday qilib,

$$\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{d\alpha}{dt}\vec{n} = \frac{\upsilon}{R}\vec{n} \quad . \tag{2.20}$$

va nuqta tezlanishi uchun (2.19) ifodani qulayroq shaklda qayta yozishimiz mumkin:

$$\vec{a} = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau} + \frac{\upsilon^2}{R}\vec{n} \quad . \tag{2.21}$$

Nuqtaning urinma tezlanishi (2.21)dan ko‘rinadiki,

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau} \tag{2.22}$$

Nuqtaning urinma tezlanishi tezlik modulining o‘zgarish jadalligini xarakterlaydi. Tezlanuvchan harakatda $\frac{d\upsilon}{dt} > 0$ va $\vec{a}_\tau$ vektor nuqtaning $\vec{r}$ tezlik yo‘nalishi bilan mos tushadi, $\vec{a}$ tezlanishning **v** yo‘nalishdagi proeksiyasi esa $a_\tau = \left(\frac{d\upsilon}{dt}\right) > 0$. Sekinlanuvchan harakatda $a_\tau = \left(\frac{d\upsilon}{dt}\right) < 0$ va $\vec{a}_\tau$ vektor **v** tezlik bilan qarama-qarshi yo‘nalgan.

Agar nuqtaning tezlik moduli teng vaqt oraliqlarida bir xil kattalikka o‘zgarsa, ya’ni bu harakatda a_τ=const bo‘lsa, nuqtaning bunday harakatini **tekis o‘zgaruvchan harakat** deyiladi. Harakatning **tekis tezlanuvchan** holi uchun a_τ=const>0, harakatning **tekis sekinlanuvchan** holi uchun a_τ=const<0. Tekis harakatda a_τ=0.

(2.19) va (2.20) dan ko‘rinadki, nuqtaning normal tezlanishi

$$\vec{a}_n = \upsilon\frac{d\alpha}{dt}\vec{n} = \frac{\upsilon^2}{R}\vec{n} \tag{2.23}$$

ga teng. U nuqta tezlik vektori yo‘nalishining o‘zgarish jadalligini harakaterlaydi. Normal tezlanish doimo traektoriyaning egrilik markazi tomon yo‘nalgan bo‘lib, uning $\vec{n}$ bosh normalga bo‘lgan proeksiyasi:

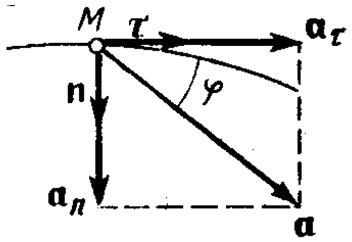
$$a_n = \frac{\upsilon^2}{R} \tag{2.23`}$$

manfiy bo‘lishi mumkin emas. Shu sababdan nuqtaning normal tezlanishini ko‘picha **markazga intilma tezlanish** ham deyiladi. Agar nuqta to‘g‘ri chiziqli harakat qilayotgan bo‘lsa, nuqtaning normal tezlanishi nolga teng bo‘ladi. Nuqtaning aylana bo‘ylab tekis harakatida a_n=const, biroq aylananing har xil nuqtasida $\vec{n}$ vektorning yo‘nalishi har xil bo‘lgani uchun $\vec{a}_n = a_n\vec{n}$ vektor o‘zgarib turadi.

Nuqtaning tezlanish moduli

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{d\upsilon}{dt}\right)^2 + \left(\frac{\upsilon^2}{R}\right)^2} \tag{2.24}$$

Egri chiziqli harakatda nuqtaning tezlanish vektori har doim traektoriyaning



2.5- rasm.

botiqligi tomoniga og‘gan bo‘ladi. 2.5-rasmda ko‘rsatilgan nuqtaning egri chiziqli traektoriya bo‘ylab tezlanuvchan harakati holida $\vec{a}$ va $\vec{\tau}$ vektorlar orasidagi burchak φ o‘tkir. Nuqtaning sekinlanuvchan harakatida φ burchak o‘tmas bo‘ladi.

Ko‘lamli jismdagi ihtiyoriy ikki nuqtani tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq jism bilan birga ko‘chganda o‘zining boshlang‘ich holatidagi yo‘nalishiga parallel qoladigan eng oddiy mexanik harakat qattiq jismning **ilgarilanma harakatidir**.

Er (laboratoriya) sanoq sistemasiga nisbatan, masalan, prujinaga osib qo‘yilgan va vertikal to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tebranish sodir etayotgan sharcha,barqaror dvigatel silindridagi porshen, shaxta ko‘tarmasining kabinasi, tokarlik stanogining keskichi va hokazolar ilgarilanma harakatlanadi. 2.6-rasmda ilgarilanma harakatlanayotgan kubning ikkita A va B uchlari, shuningdek, AB diagonaldagi C nuqtasining traektoriyalari ko‘rsatilgan. A_0, B_0 va C_0 nuqtalar vaqtning boshlang‘ich paytidagi kubning holatiga to‘g‘ri keladi. B_0B va C_0C traektoriyalar A_0A bilan bir xil va A_0B_0 to‘g‘ri chiziq bo‘ylab A_0B_0 va A_0C_0 masofalarga parallel ko‘chirish vositasida u bilan to‘liq ustma-ust tushirilishlari mumkin. Shunday qilib, ilgarilanma harakat qilayotgan jismning hamma nuqtalarinini radius vektorlari dt vaqtda ayni bir kattalik $d\vec{r}$ ga o‘zgaradi: $d\vec{r}_A = d\vec{r}_B = d\vec{r}_C = d\vec{r}$, bu erda $\vec{r}_A$, $\vec{r}_B$, $\vec{r}_S$, $\vec{r}$ jism A, B, C nuqtalar va ixtiyoriy M nuqtasining radius vektorlari.

Mos ravishda jismning hamma nuqtalarining tezliklari, shuningdek, ularning tezlanishlari vaqtning har bir paytida bir xil bo‘lishi kerak:

$$\vec{\mathbf{v}}_A = \vec{\mathbf{v}}_B = \vec{\mathbf{v}}_C = \vec{\mathbf{v}} \quad \text{ва} \quad \vec{a}_A = \vec{a}_B = \vec{a}_C = \vec{a}\,.$$

Bu munosabatlardan ko‘rinadki, qattiq jismning ilgarilanma harakatini kinematik tavsiflash uchun uning **qandaydir bir nuqtasining harakatini ko‘rib chiqish etarlidir.**

Nuhoyat, jismning 0X o‘qi bo‘yicha tekis o‘zgaruvchan to‘g‘ri chiziqli ilgarilanma harakati uchun o‘rta maktabdan ma’lum

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau = \vec{a}_x \qquad (2.25)$$

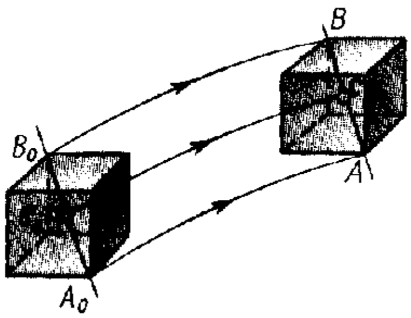
munosabatlarni esga olamiz. $a_x = \left(\frac{d\upsilon_x}{dt}\right) = const$ bo‘lganligidan

$$\upsilon_x(t) = \upsilon_x(0) + a_x t. \qquad (2.26)$$

$\upsilon_x = \frac{dx}{dt}$ dan jismning qandaydir M nuqtasining x koordinatasini vaqtga bog‘liqligi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$x(t) = x(0) + \int_0^t \upsilon_x(t)dt = x(0) + \upsilon_x(0)t + \frac{a_x t^2}{2}. \qquad (2.27)$$

Bu erda x(o) va υ_x(o) – vaqtning hisob boshlanishi (t=0) paytidagi x va υ_x ning qiymatlari.



2.6 – rasm.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Mexanik harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Vaqt va fazo tushunchasi nimadan iborat?
3. To‘g‘ri chiziqli tekis harakatda tezlik, tezlanish deb nimaga aytiladi?
4. Egri chiziqli harakatda moddiy nuqtaning normal va tangentsial tezlanishlari qanday yo‘nalishga ega?
5. Moddiy nuqtaning aylanma harakatida chiziqli tezlik va burchak tezlanish deb nimaga aytiladi?
6. Burchak tezlanishning yo‘nalishi haqida nima deya olasiz?
7. Absolyut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi?
8. Erkinlik darajalar soni nimani bildiradi?
9. Hosilaning mexanik ma’nosi nima?
10. Integralning fizikaviy mazmunini tushuntiring.

Asosiy adabiyotlar:

1. O.Axmadjonov. Nazariy mexanikakursi, I-tom. Toshkent, “O‘qituvchi”. 1991.
2. I.V.Savelev. Kurs obshey fiziki. T.1,M., Nauka,2000g.
3. A.A.Detlaf, B.M.Yavorskiy. Kurs fiziki. M., “Visshaya shkola”.2000g.
4. T.I.Trofimova Kurs fiziki, M., «Visshaya shkola». 2000 g, 380c.
5. G.A.Zisman, O.M.Godess. Kurs obshey fiziki. M, izd. “Visshaya shkola”, 1991 g
6. D.V.Sivuxin «Obshiy kurs fiziki». Tom 1. M.Nauka.1977-90 g

7. O‘.Q.Nazarov, H.Z.Ikromova va K.A.Tursunmetov. Umumiy Nazariy mexanikakursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.
8. Nuomonxo‘jaev A.S. Nazariy mexanikakursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.

4-ma’ruza. MAYDON TUSHUNCHASI VA N'YUTON TENGLAMALARINING QO`LLANISH CHEGARASI. NOINERSIAL SANOQ TIZIMLARIDAGI HARAKAT

Reja:

1. Ilgarilanma harakat qilayotgan noinersial tizimdagi inersiya kuchlari.

2. Aylanuvchi sanoq tizimdagi inersiya kuchlari. Markazdan qochma va
Koriolis inersiya kuchlari.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Inersial tizim, noinersial tizim, Er sirti bilan bog‘langan tizim, vagon bilan bog‘langan tizim, aylanuvchi sanoq tizim, og‘irlik kuchi, inersiya kuchi, elastiklik kuchi, markazdan qochma inersiya kuchi, Koriolis kuchi.

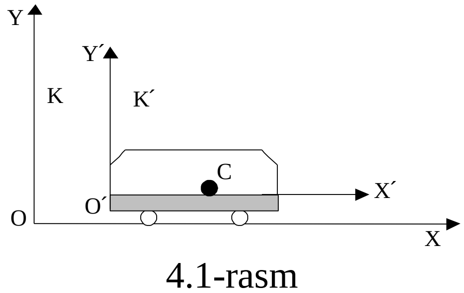
1. Ilgarilanma harakat qilayotgan noineriial tizimdagi inersiya kuchlari

Tekis va to‘g‘ri chiziqli (ya’ni inersiyasi bilan) harakatlanayotgan sanoq tizimi inersial tizim deyiladi. Inersial tizimlarga nisbatan tezlanish bilan harakatlanayotgan sanoq tizimlari noinersial tizimlar deyiladi.

Yo‘lning gorizontal qismida harakatlanayotgan vagon ichidagi jismning vaziyatini ko‘raylik (4.1-rasm). K - Er sirti bilan bog‘langan sanoq tizimi, K′- vagon bilan bog‘langan
sanoq tizimi.

K va K′ sanoq tizimida turgan kuzatuvchilar quyidagicha fikr yuritadilar:

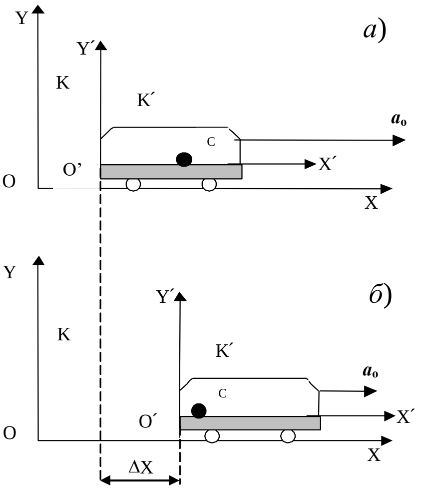
1. Vagon harakatlanmaganda uning gorizontal polida turgan sharning og‘irlik kuchi polning reaktsiya kuchi bilan muvozanatlashgani uchun, shar o‘zining tinch holatini saqlaydi, ya’ni bunday holatda Nyutonning birinchi qonuni bajariladi. Vagon to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tekis harakatlanganda (V_o = const) S shar tinchlikdagi vaziyatini o‘zgartirmaydi. Er sirti bilan bog‘langan sanoq tizimini taqriban inersial sanoq tizimi deyish mumkin. Shuning uchun K^1 sanoq tizimi K sanoq



4.1-rasm

tizimiga nisbatan tinch turgan yoki to‘g‘ri chiziqli harakat qilayotgan hollarda inersial sanoq tizimi deb hisoblanadi.

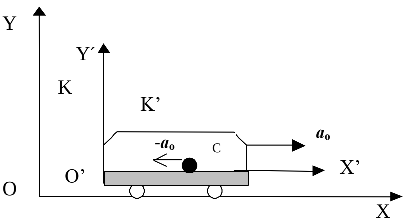
2. Vagon $\mathbf{a_o}$ tezlanish bilan harakatlanayotgan holda K va K^1 tizimlardagi kuzatuvchilarning fikrlari o‘zgaradi (4.2-rasmga qarang).



4.2-rasm

K sanoq tizimidagi kuzatuvchining fikri bo‘yicha vagon va u bilan bog‘langan jismlar OX yo‘nalishda a_o tezlanish bilan harakatlanadi. C shar bilan vagon poli o‘rtasidagi ishqalanish kuchi juda kichik bo‘lgani uchun shar vagon bilan birgalikda tezlanuvchan harakatda ishtirok etmaydi. Aksincha, Nyutonning birinchi qonuniga asosan, shar o‘zining tinchlikdagi holatini saqlaydi. Shuning uchun vagonning tezlanuvchan harakati boshlangan t_o vaqtda (4.2(a)-rasm qismiga qarang) sharcha tezlanish oladi va harakat boshlanganidan biror Δt vaqt davomida OX yo‘nalishda biror ΔX masofaga siljib qoladi. Shu sababli vagon devori va shar orasidagi masofa o‘zgaradi (4.2 (b)-rasm).

K′ sanoq tizimidagi kuzatuvchi esa sharni chap tomonga qarab tezlanuvchan harakat qilayotganini qayd qiladi (4.3-rasm ga qarang). Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan C shar tezlanishga erishish uchun unga biror kuch ta’sir qilishi kerak. Shuning uchun tizimdagi K′ kuzatuvchi S sharga ta’sir etuvchi kuchni axtaradi, lekin topaolmaydi.



4.3-rasm

Shundan so‘ng kuzatuvchi quyidagi fikrga keladi: K′ tizimdagi jismga boshqa jismlar ta’sir etmasada o‘z holatini saqlamaydi, ya’ni, inersiya qonuni bajarilmaydi. Shuning uchun K′ tizimdagi kuzatuvchi mazkur tizimni noinersial sanoq tizimi deb hisoblaydi.

Endi ilgarilanma harakat qilayotgan noinersial sanoq tizimidagi inersiya kuchini ko‘raylik. K' sanoq tizimidagi C sharni kuzataylik (4.3-rasmga qarang). K' tizim K tizimga nisbatan $\boldsymbol{a_o}$ tezlanish bilan o‘ng tomonga ilgarilanma harakat qilayotganda K' tizimdagi kuzatuvchi sharni a'_o tezlanish bilan chap tomonga harakatlanayotganini ko‘radi. Kuzatishlardan quyidagi hulosalar chiqadi:

1). Jismlarning tezlanishlari ularning massalariga bog‘liq emas.

2). Barcha jismlarning tezlanishlari (a'_o) bir hil bo‘lib, uning qiymati K' tizimning ilgarilanma harakat tezlanishiga teng, yo‘nalishi esa qarama-qarshi.

Demak, noinersial sanoq tizimlarida jismlar

$$\boldsymbol{a'_o} = -\boldsymbol{a_o} \qquad (4.1)$$

tezlanish bilan harakatlanadi. Aslida $\boldsymbol{a'_o}$ tezlanish K' tizimning K tizimga nisbatan tezlanuvchan ilgarilanma harakati tufayli vujudga keladi. *Shuning* *uchun noinersial sanoq tizimdagi jismga ta'sir etuvchi bunday kuchlarni (Nyuton kuchlaridan farqlash uchun) inersiya kuchlari deyiladi.* Inersiya kuchlarining jismlarga ta'siri xuddi oddiy Nyuton kuchlarining ta'siridek bo'ladi. Bu kuchlarni kundalik turmushimizda uchratamiz. Masalan, avtobus keskin o'rnidan siljiganda yoki to'xtaganda yo'lovchilar oldinga yoki orqaga egilishiga majbur etuvchi kuchni sezadilar.

Agar vagon misoliga qaytadigan bo'lsak, jism (shar) olgan tezlanish a'_o inersiya kuchi F_i tufayli vujudga keladi,

$$F_i = m \cdot a'_o \qquad (4.2)$$

4.1 tenglikni hisobga olib 4.2 tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$\mathbf{F_u} = -m \cdot a_o. \qquad (4.3)$$

Demak, inersiya kuchining yo'nalishi sanoq tizimining harakat yo'nalishiga teskari ekan.

Sanoq tizimi o'zgarmas tezlanish bilan harakatlanganda m massali jismga ta'sir etuvchi inersiya kuchi ham doimiy bo'ladi. 4.3 tenglikka ko'ra inersiya kuchining qiymati jism massasiga proporsional ekan. Bu hossasi bilan inersiya kuchi og'irlik kuchiga (R = mg) o'xshab ketadi.

Endi, noinersial sanoq tizim uchun harakat tenglamalarini ko'raylik. Tabiiydirki, bu holda jismga ta'sir etuvchi kuchlarning vektor yig'indisiga Nyuton kuchlari bilan bir qatorda inersiya kuchi ham qo'shiladi.

$$m\,\boldsymbol{a} = \sum \mathbf{F_i} + \mathbf{F_i}$$

yoki

$$-m\,\boldsymbol{a'_o} = \sum \mathbf{F_i} - \mathbf{F_i} \qquad (4.4)$$

4.4 tenglamada

$\mathbf{a'_o}$ - noinersial sanoq tizimi K' ning inersial sanoq tizimi K ga nisbatan ilgarilanma harakatining tezlanishi,

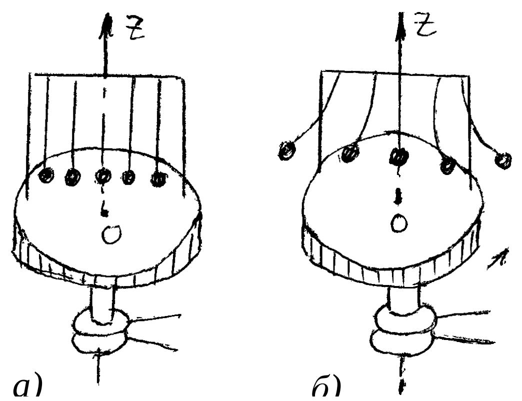
$\sum F_i$ - jismga ta'sir etuvchi Nyuton kuchlarining vektor yig'indisi,

a - inersial sanoq tizimidagi jismning barcha kuchlar ta'sirida erishgan tezlanishi.

2.Aylanuvchi sanoq tizimidagi inersiya kuchlari. Markazdan qochma va Koriolis inersiya kuchlari

Aylanuvchi sanoq tizimlaridagi jismlar uchun ham inersiya qonuni bajarilmaydi. Bunga quyidagi tajriba asosida ishonch hosil qilish mumkin. 4.4-rasmda tasvirlangan disk ustiga T - simon sterjen o'rnatilgan, sterjenga esa sharlar osilgan.

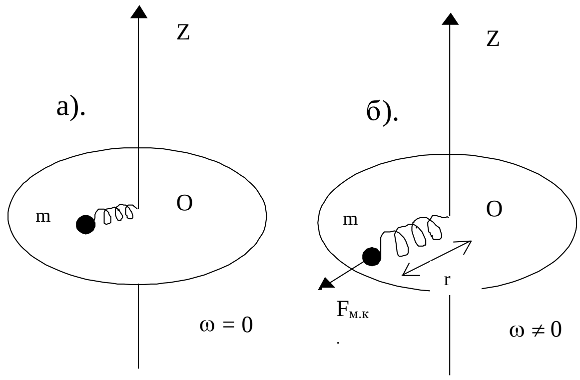
Disk tinch turganda sharlar osilgan barcha iplar vertikal ravishda yo‘nalgan. Agar disk ω burchak tezlik bilan aylantirilsa, sharlarga boshqa jismlar ta’sir etmasada, sharlar tezlanish olib og‘adilar. Demak, mazkur tizimni ham, noinersial sanoq tizimi deb hisoblash mumkin ekan.



4.4-rasm

Endi qo‘zg‘olmas o‘q atrofida o‘zgarmas burchak tezlik (ω = const) bilan aylanayotgan noinersial sanoq tizimidagi jism harakatini ko‘raylik.

4.5 - rasmda ko‘rsatilgan disk aylanma harakatga keltirilmaguncha m massali sharcha tinch holatini saqlaydi. Disk OZ o‘ki bo‘ylab yo‘nalgan ω burchak tezlikda harakatlansa, u bilan birgalikda prujinaga maxkamlangan shar ham OZ o‘qi atrofida aylana boshlaydi va sterjen bo‘ylab sirg‘anib prujinani cho‘zadi, Sharcha O aylanish markazidan g masofaga uzoqlashganda cho‘zilgan prujinaning elastiklik kuchi ($F_{el.}$) endi sharni disk markazidan yanada uzoqlashishga yo‘l qo‘ymaydi. Bunga sabab, aylanuvchi sanoq tizimidagi sharga ta’sir etuvchi inersiya kuchi va elastiklik kuchi bir-birini muvozanatlaydi. *Inersiya kuchi disk radiusi bo‘ylab aylanish markazidan tashqariga yo‘nalgani uchun uni markazdan qochma inersiya kuchi ($F_{m.q.}$) deb ataladi.*

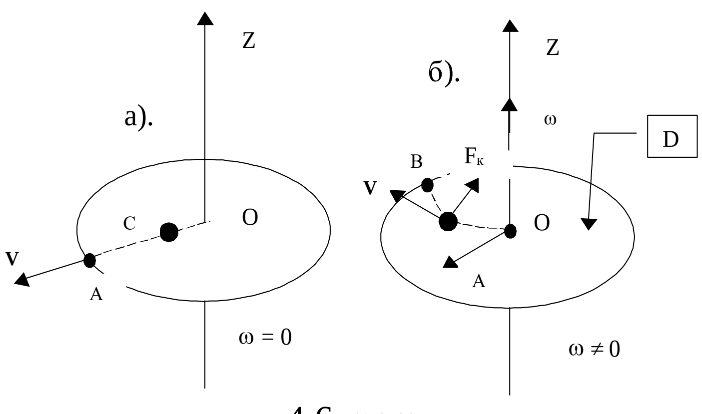


4.5-rasm

U quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$F_{m.q.} = m \cdot \omega^2 \cdot r, \qquad (4.5)$$

bundagi ω - aylanuvchi sanoq tizimining burchak tezligi, r - aylanish markazi va moddiy nuqtani (m massali sharni) birlashtiruvchi radius - vektor.



4.6-rasm

4.5 tenglikka ko‘ra *sharga ta’sir etadigan markazdan qochma inersiya kuchi, sharning massasiga, burchak tezlik kvadratiga va aylanish o‘qidan sharchagacha bo‘lgan masofaga proporsional ekan.*

Aylanuvchi sanoq tizimidagi jismga $F_{m.q}$ dan tashqari Koriolis inersiya kuchi deb ataluvchi kuch ham ta’sir qiladi. 4.6 (b) - rasmda ko‘rsatilganidek, D disk ω burchak tezlik bilan aylana boshlasa, S shar OA to‘g‘ri chiziq bo‘yicha emas, balki OV egri chiziq bo‘yicha harakatlanadi. Bunga sabab, *sharcha tezligi V ga tik bo‘lgan Koriolis kuchi (Fk) ning sharchaga ta’siridir*. Bu kuch:

$$\mathbf{F_q} = 2m[\mathbf{V},\boldsymbol{\omega}] \tag{4.6}$$

yoki

$$F_k = 2mV \cdot \omega \cdot Sin\alpha. \tag{4.7}$$

Demak, tekis aylanuvchi sanoq tizimiga nisbatan jismning harakat tenglamasini tuzish uchun mazkur jismga ta’sir etayotgan Nyuton kuchlari, markazdan qochma inersiya kuchi va Koriolis inersiya kuchining yig‘indisini olish kerak:

$$m\,\mathbf{a} = \sum (\,\mathbf{F_i} + \mathbf{F_{m.q.}} + \mathbf{F_k}) \tag{4.8}$$

Biz yashab turgan sayyora - Er ham, aylanuvchi sanoq tizimidir. Er bilan bog‘liq bo‘lgan sanoq tizimining noinersial ligi tufayli Er sirtidagi jismlarga markazdan qochma va Koriolis inersiya kuchlari ta’sir etadi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Inersial va noinersial sanoq tizimlari deb nimaga aytiladi ?
2. Nyuton kuchlari bilan inersiya kuchlari orasidagi farqni tushuntiring.
3. Aylanuvchi tizimlarda inersiya va Koriolis kuchlari qanday vujudga keladi?
4. Qanday kuchlar inersiya kuchlari deb ataladi?
5. Qanday sanoq tizimlari noinersial sanoq tizimi deyiladi?
6. Aylanuvchi sanoq tizimlaridagi jismning harakat tenglamasi qanday ifodalanadi?
7. Er sirtidagi jismlarga qanday kuchlar ta’sir etadi?
8. Koriolis kuchi nimaga bog‘liq?
9. Markazdan qochma inersiya kuchi tenglamasini tushuntirib bering.
10. Noinersial sanoq sistemasidagi jismning harakat tenglamasini izohlab bering.

Asosiy adabiyotlar

1. O.Axmadjonov. Nazariy mexanikakursi, I-tom. Toshkent, “O‘qituvchi”. 1991.
2. **I.V.Savelev. Kurs obshey fiziki. T.1,M., Nauka,2000g.**
3. **A.A.Detlaf, B.M.Yavorskiy. Kurs fiziki. M., “Visshaya shkola”.2000g.**
4. **T.I.Trofimova Kurs fiziki, M., «Visshaya shkola». 2000 g, 380c.**
5. **G.A.Zisman, O.M.Godess. Kurs obshey fiziki. M, izd.“Visshaya shkola”, 1991 g**
6. **D.V.Sivuxin «Obshiy kurs fiziki». Tom 1. M.Nauka.1977-90 g**
7. O‘.Q.Nazarov, H.Z.Ikromova va K.A.Tursunmetov. Umumiy Nazariy mexanikakursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.

8. Nuomonxo'jaev A.S. Nazariy mexanikakursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O'qituvchi»,1992,208 b.

4- MAVZU: MAYDON TUSHUNCHASI VA N'YUTON TENGLAMALARINING QO`LLANISH CHEGARASI.

Dinamikaning umumiy tenglamasi

Dinamikaning umumiy tenglamasini keltirib chiqarish uchun ideal va bo`shatmaydigan bog`lanishdagi mexanik sistema nuqtalari uchun Dalamber prinsipini yozamiz:

$$\begin{cases} \vec{F}_1 + \vec{N}_1 + \vec{\Phi}_1 = 0\,, \\ \vec{F}_2 + \vec{N}_2 + \vec{\Phi}_2 = 0\,, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \vec{F}_n + \vec{N}_n + \vec{\Phi}_n = 0 \end{cases} \qquad (113.1)$$

Sistema nuqtalariga mumkin bo`lgan ko`chish berib, (113.1) tenglamani tegishlicha $\delta\vec{r}_1, \delta\vec{r}_2, \cdots, \delta\vec{r}_n$ larga skalyar ko`paytirib, hosil bo`lgan ifodalarni hadlab qo`shsak,

$$\sum(\vec{F}_\nu + \vec{N}_\nu + \vec{\Phi}_\nu)\delta\vec{r}_\nu = 0$$

kelib chiqadi. Sistema ideal bog`lanishda bo`lgani tufayli

$$\sum \vec{N}_\nu\,\delta\vec{r}_\nu = 0\,.$$

Shunday qilib,

$$\sum(\vec{F}_\nu + \vec{\Phi}_\nu)\delta\vec{r}_\nu = 0 \qquad (113.2)$$

ifodaga ega bo`lamiz.

(113.2) tenglama analitik usulda Dekart koordinata o`qlaridagi proeksiyalari orqali quyidagicha yoziladi:

$$\sum\left[(F_{\nu x} - m_\nu\,\ddot{x}_\nu)\delta x_\nu + (F_{\nu y} - m_\nu\,\ddot{y}_\nu)\delta y_\nu + (F_{\nu z} - m_\nu\,\ddot{z}_\nu)\delta z_\nu\right] = 0\,. \qquad (113.3)$$

(113.2) yoki (113.3) dinamikaning umumiy tenglamasi deyiladi va quyidagi teorema bilan ta'riflanadi: *ideal va bo`shatmaydigan bog`lanishlar qo`yilgan mexanik sistemaga ta'sir etuvchi aktiv kuchlarning hamda inersiya kuchlarining har qanday mumkin bo`lgan ko`chishdagi elementar ishlarining yig`indisi nolga teng.*

Dinamikaning umumiy tenglamasi Dalamber hamda Lagranj prinsiplarini birgalikda qaralishidan kelib chiqqani sababli (113.2) Dalamber-Lagranj tenglamasi deb ham ataladi.

Mazkur tenglamani qo`llab yechiladigan masalalar quyidagi tartibda hal etiladi.

1. Sistemaga ta'sir qiluvchi kuchlar hamda ideal bo`lmagan bog`lanishlar reaksiya kuchlari rasmda tasvirlanadi.

2. Sistemani tashkil etuvchi har qaysi jism inersiya kuchlarining bosh vektori va bosh momenti aniqlanadi.

3. Sistemaga mumkin bo`lgan ko`chish beriladi.

4. Dinamikaning umumiy tenglamasi tuziladi.

5. Tuzilgan tenglamadan kerakli noma'lumlar aniqlanadi.

77- masala. Mexanik sistema A blokka hamda B pog`onali shkivga o`ralgan arqonlar, shuningdek, bu arqonlarga bog`langan $C$ va $D$ yuklardan iborat (203-rasm). $B$, $C$, $D$ jismlarning og`irliklari mos ravishda $\vec{G}_B$, $\vec{G}_C$, $\vec{G}_D$. A blokka qo`yilgan M momentli juft kuch ta'sirida sistema vertikal tekislikda harakat qiladi. $G_B = 30N$, $G_C = 40N$, $G_D = 20N$, $M = 16Nm$, $R_A = 0{,}2m$, $R_B = 0{,}3m$, $r_B = 0{,}15m$.

B shkivning inersiya radiusi $\rho_B = 0{,}2m$. Sistema niqtalari orasidagi ishqalanishlarni hamda A blok og`irligini hisobga olmay, C yukning tezlanishi aniqlansin.

Yechish. Tekshirilayotgan sistemaga ideal bog`lanishlar qo`yilgan. Ta'sir qiluvchi kuchlar 207-rasmda ko`rsatilgan. C yuk tezlanishini $\vec{a}_C$ bilan belgilaymiz.

Sistemaga ta'sir qilayotgan kuchlar qatoriga yuklarning

$$\Phi_C = \frac{G_C}{g} a_C , \Phi_D = \frac{G_D}{g} a_D$$

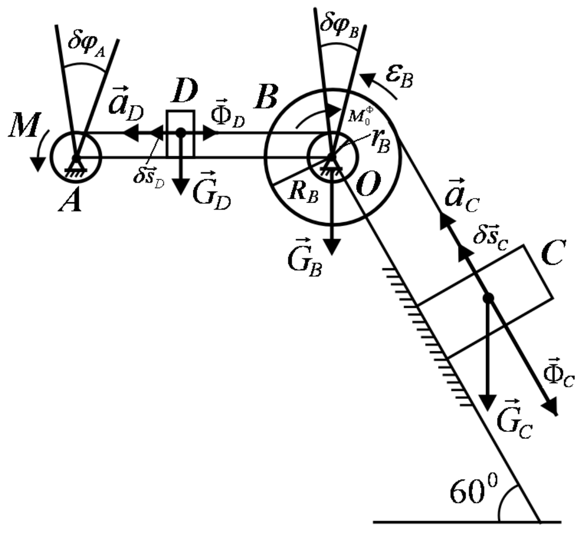
(113.4)

inersiya kuchlarining hamda pog`onali B shkivning

$$M_0^{\Phi} = \frac{G_B}{g} \rho_B^2 \varepsilon_B$$

(113.5)

inersiya kuchlarining momentini qo`shamiz.



207-rasm

C va D yuklar B shkivga arqon yordamida bog`langani sababli

$$a_C = \varepsilon_B R_B , a_D = \varepsilon_B r_B \quad (113.6)$$

bo`ladi. (113.6) dan:

$$\varepsilon_B = \frac{a_C}{R_B} , a_D = \frac{a_C}{R_B} \cdot r_B . \quad (113.7)$$

(113.7) ni (113.4) va (113.5) ga qo`ysak,

$$\Phi_C = \frac{G_C}{g} \cdot a_C \ , \quad \Phi_D = \frac{G_D}{g} \frac{r_B}{R_B} \cdot a_C \ , \quad M_0^{\Phi} = \frac{G_B}{g} \frac{\rho_B^2}{R_B} \cdot a_C$$

(113.8)

kelib chiqadi.

Sistemaga mumkin bo`lgan ko`chish bersak, C, D yuklar mos ravishda δs_C, δs_D ko`chishlarni, shuningdek, $A$ blok mumkin bo`lgan $\delta\varphi_A$ burilishni, B shkiv esa $\delta\varphi_B$ burilishni oladi.

Natijada dinamikaning umumiy tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$(-G_C \sin 60^0 - \Phi_C)\,\delta s_C - M_0^{\Phi}\,\delta\varphi_B - \Phi_D\,\delta s_D + m\delta\varphi_A = 0 .$$

(113.9)

δs_C, δs_D va $\delta\varphi_A$ larni $\delta\varphi_B$ orqali ifodalaymiz.

207-rasmdan

$$\delta s_C = R_B\,\delta\varphi_B \ , \delta s_D = r_B\,\delta\varphi_B .$$

(113.10)

B shkiv A blok bilan arqon vositasida biriktirilgani tufayli :

$$R_A\,\delta\varphi_A = r_B\,\delta\varphi_B , \qquad (113.11)$$

bundan $$\delta\varphi_A = \frac{r_B}{R_A} \cdot \delta\varphi_B .$$

(113.7), (113.10), (113.11) ifodalarni (113.9) ga qo`ysak:

$$\left[G_C \left(-\sin 60^0 - \frac{a_C}{g} \right) R_B - \frac{G_B}{g} \frac{\rho_B^2}{R_B} \cdot a_C - \frac{G_D}{g} \frac{r_B^2}{R_B} \cdot a_C + M \frac{r_B}{R_A} \right] \delta\varphi_B = 0 ,$$

bunda $\delta\varphi_B \neq 0$; shuning uchun yuqoridagi tenglikdan

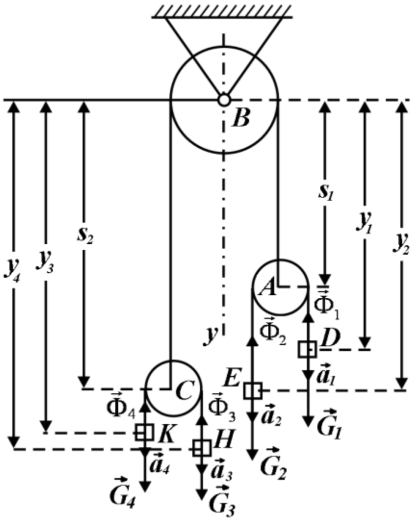
$$G_C \left(-\sin 60^0 - \frac{a_C}{g} \right) R_B - \frac{G_B}{g} \frac{\rho_B^2}{R_B} \cdot a_C + M \frac{r_B}{R_B} = 0$$

(113.12)

kelib chiqadi. Masala shartidagi berilganlarni e'tiborga olsak, (113.12) dan $a_C = 0{,}9\, m/s$

hosil bo`ladi.

78-masala. Sistema 4 ta m_1, m_2, m_3 va m_4 massalardan iborat. Bu massalar ikkitadan birlashtirilgan bo`lib, ular $A$, $B$, $C$ bloklar yordamida 208-rasmdagidek osilgan. Boshlang`ich paytda sistema muvozanatda turadi. m_4 massa qo`zg`almasligi uchun massalar orasidagi munosabat qanday bo`lishi aniqlansin. Bloklar va arqon og`irliklari hamda ishqalanish hisobga olinmasin.



208-rasm

Arqonlar cho`zilmaydi deb hisoblansin.

Yechish. Sistemaga ta'sir etuvchi kuchlar og`irlik kuchlaridan iborat. Ta'sir etuvchi kuchlar qatoriga yuklarning inersiya kuchlarini qo`shamiz:

$$\vec{\Phi}_1 = -m_1\vec{a}_1 ,\ \vec{\Phi}_2 = -m_2\vec{a}_2 ,\ \vec{\Phi}_3 = -m_3\vec{a}_3 ,\ \vec{\Phi}_4 = -m_4\vec{a}_4$$

m_1, m_2, m_3, m_4 massalarining absolyut harakati koordinatalarini mos ravishda y_1, y_2, y_3, y_4 bilan belgilaymiz. Sistemaga mumkin bo`lgan ko`chish bersak, $m_1, m_2\ m_3, m_4$ massalar mos ravishda $\delta y_1, \delta y_2$, δy_3 va δy_4 ko`chishlarga ega bo`ladi. Bu holda dinamikaning umumiy tenglamasini quyidagicha yoza olamiz:

$$(m_1 g - m_1 a_1)\delta y_1 + (m_2 g - m_2 a_2)\delta y_2 +$$
$$+ (m_3 g - m_3 a_3)\delta y_3 + (m_4 g - m_4 a_4)\delta y_4 = 0$$
(116.13)

Mumkin bo`lgan ko`chishlar orasidagi munosabatni aniqlash uchun bog`lanish tenglamasini tuzamiz. DE , AC , HK arqonlar uzunliklarini tegishlicha L_1, L_2, L_3 desak:

$$y_1 - s_1 + y_2 - s_1 + \pi r_A = L_1 ,$$
$$s_1 + s_2 + \pi r_B = L_2 ,$$
$$y_3 - s_2 + y_4 - s_2 + \pi r_C = L_3 .$$

Bu tenglamalarning ikkinchisini 2 ga ko`paytirib, so`ngra uchchalasini qo`shamiz:

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 2L_2 - 2\pi r_B + L_1 - \pi r_A + L_3 - \pi r_C = const$$
(116.14)

Bu esa bog`lanish tenglamasini ifodalaydi. (116.14) ni variatsiyalasak:

$$\delta y_1 + \delta y_2 + \delta y_3 + \delta y_4 = 0$$

Bundan

$$\delta y_4 = -(\delta y_1 + \delta y_2 + \delta y_3) \qquad (116.15)$$

(116.14) dan vaqt bo`yicha ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 0$$

Bundan

$$a_4 = -(a_1 + a_2 + a_3) \qquad (116.16)$$

(116.15) ni (116.13) ga qo`yamiz:

$$[m_1(g-a_1)-m_4(g-a_4)]\delta y_1 +$$
$$+[m_2(g-a_2)-m_4(g-a_4)]\delta y_2 +$$
$$+[m_3(g-a)-m_4(g-a_4)]\delta y_3 = 0$$

(116.17)

$\delta y_1 , \delta y_2 , \delta y_3$ variatsiyalar o`zaro bog`liqsiz bo`lgani sababli (116.17) tenglik bajarilishi uchun mazkur variatsiyalar oldidagi koeffitsientlar nolga teng bo`lishi kerak,ya'ni:

$$m_1(g-a_1)-m_4(g-a_4)=0\,,$$
$$m_2(g-a_2)-m_4(g-a_4)=0\,,$$
$$m_3(g-a_3)-m_4(g-a_4)=0\,.$$

Bu tengliklarni mos ravishda m_2m_3 , m_1m_3 , m_1m_2 ga ko`paytirib qo`shamiz va (116.16) formulani hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$a_4 = \frac{m_4(m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3)-3m_1m_2m_3}{m_1m_2m_3+m_1m_2m_4+m_1m_3m_4+m_2m_3m_4}\cdot g$$

To`rtinchi yuk joyidan qo`zg`almasdan (boshlang`ich paytda to`rtinchi yuk tezligi nolga teng) qolishi uchun $a_4 = 0$ bo`lishi zarur. Bu holda

$$m_4(m_1m_2+m_1m_3+m_2m_3)=3m_1m_2m_3$$

Tenglikning ikki tomonini $m_1m_2m_3$ ga bo`lsak,massalar orasidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\frac{m_4}{m_1}+\frac{m_4}{m_2}+\frac{m_4}{m_3}=3$$

5-MAVZU : LANGRAJ TENGLAMALARI. MEXANIKANING UMUMIY TENGLAMASI.

Lagranjning II tur tenglamalari

Lagranjning ikkinchi tur tenglamalarini keltirib chiqarish uchun dinamikaning ununiy tenglamasi quyidagicha yozib olinadi:

$$\sum(\vec F_\nu - m_\nu \ddot{\vec r}_\nu)\delta\vec r_\nu = 0\,. \qquad (114.1)$$

Faraz qilaylik, golonom, ideal va bo`shatmaydigan bog`lanishdagi sistema n ta nuqtadan tashkil topgan bo`lib, erkinlik darajasi $k$ ta bo`lsin.

Ma'lumki, sistema nuqtasining radius-vektorini umumlashgan koordinatalar funksiyasi sifatida quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec r_\nu = \vec r_\nu(q_1 , q_2 , \cdots , q_k , t)\,. \qquad (114.2)$$

Sistema nuqtalarining mumkin bo`lgan ko`chishlari

$$\delta\vec r_\nu = \sum_{j=1}^{k}\frac{\partial \vec r_\nu}{\partial q_j}\cdot\delta q_j \quad , \quad (\nu = \overline{1,n})\,.$$

(114.3)

(114.3) ni (114.1) ga qo`yamiz:

$$\sum_{j=1}^{k}\left(\sum_{\nu=1}^{n}\vec{F}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}-\sum_{\nu=1}^{n}m_\nu\ddot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right)\delta q_j=0\,.$$

(110.3) formulaga ko`ra:

$$Q_j=\sum_{\nu=1}^{n}\vec{F}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\,.$$

Natijada,

$$\sum_{j=1}^{k}\left(Q_j-\sum_{\nu=1}^{n}m_\nu\ddot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right)\delta q_j=0\,. \qquad (114.4)$$

(114.4) dagi $\ddot{\vec{r}}_\nu\dfrac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}$ ni quyidagicha o`zgartiramiz:

$$\ddot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}=\frac{d\dot{\vec{r}}_\nu}{dt}\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}=\frac{d}{dt}\left(\dot{\vec{r}}\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right)-\dot{\vec{r}}_\nu\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right).$$

(114.5)

(114.2) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\dot{\vec{r}}_\nu=\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_1}\dot{q}_1+\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_2}\dot{q}_2+\cdots+\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_k}\dot{q}_k+\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial t}\,.$$

(114.6)

(114.6) dan q_j hamda $\dot{q}_j$ bo`yicha xususiy hosilalar olamiz:

$$\frac{\partial\dot{\vec{r}}_\nu}{\partial q_j}=\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_1\partial q_j}\dot{q}_1+\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_2\partial q_j}\dot{q}_2+\cdots+\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_j\partial q_k}\dot{q}_k+\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial t\partial q_j}\,,\quad (j=\overline{1,k})\,;$$

(114.7)

$$\frac{\partial\dot{\vec{r}}_\nu}{\partial\dot{q}_j}=\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\quad,\quad (j=\overline{1,k})\,. \qquad (114.8)$$

Endi (114.5) ifodadagi $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right)$ ni hisoblaymiz:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right)=\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_j\partial t}+\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_j\partial q_1}\dot{q}_1+\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_j\partial q_2}\dot{q}_2+\cdots+\frac{\partial^2\vec{r}_\nu}{\partial q_j\partial q_k}\dot{q}_k\,.$$

(114.9)

(114.7) bilan (114.9) ni solishtirsak,

$$\frac{\partial\dot{\vec{r}}_\nu}{\partial q_j}=\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}\right) \qquad (114.10)$$

kelib chiqadi.

(114.7) va (114.10) ni (114.5) ga qo`yamiz:

$$\ddot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}=\frac{d}{dt}\left(\dot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\dot{\vec{r}}}{\partial\dot{q}_j}\right)-\dot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\dot{\vec{r}}}{\partial q_j}\quad \text{yoki}\quad \ddot{\vec{r}}_\nu\frac{\partial\vec{r}_\nu}{\partial q_j}=\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial\dot{\vec{r}}_\nu^{\,2}}{\partial\dot{q}_j}\right)-\frac{1}{2}\frac{\partial\dot{\vec{r}}_\nu^{\,2}}{\partial q_j}\,.$$

(114.11)

(114.11) ni (114.4) ga qo`ysak:

$$\sum_{j=1}^{k} Q_j\,\delta q_j - \sum_{j=1}^{k}\left\{\frac{d}{dt}\left[\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial \dot q_j}\left(m_\nu\,\dot{\vec r}_\nu^{\,2}\right)\right] - \sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial q_j}\left(m_\nu\,\dot{\vec r}_\nu^{\,2}\right)\right\}\delta q_j = 0$$

yoki

$$\sum_{j=1}^{k} Q_j\,\delta q_j - \sum_{j=1}^{k}\left\{\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial}{\partial \dot q_j}\left(\sum_{\nu=1}^{n}\frac{m_\nu\,\dot{\vec r}_\nu^{\,2}}{2}\right)\right] - \frac{\partial}{\partial q_j}\left(\sum_{\nu=1}^{n}\frac{m_\nu\,\dot{\vec r}_\nu^{\,2}}{2}\right)\right\}\delta q_j = 0$$

hosil bo`ladi.

Bunda $\sum \frac{m_\nu\,\dot{\vec r}_\nu^{\,2}}{2} = T$ — sistemaning kinetik energiyasi bo`lgani uchun

$$\sum_{j=1}^{k}\left[Q_j - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot q_j}\right) + \frac{\partial T}{\partial q_j}\right]\delta q_j = 0 \qquad (114.12)$$

tenglamani hosil qilamiz.

(114.12) da $\delta q_j \neq 0$; shuning uchun , (114.12) dan quyidagi tenglamalar kelib chiqadi:

$$Q_j - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot q_j}\right) + \frac{\partial T}{\partial q_j} = 0 \quad , \quad (j = \overline{1,k})$$

yoki

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot q_j}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j \quad , \quad (j = \overline{1,k}). \qquad (114.13)$$

(114.13) tenglamalar *Lagranjning II tur tenglamalari* deyiladi. Shunday qilib, Lagranjning ikkinchi tur tenglamalari dinamika umumiy tenglamasining umumlashgan koordinatalar orqali ifodasidan iborat.

Lagranj II tur tenglamalarining afzalligi shundan iboratki, bu tenglamalar soni sistemaning erkinlik darajasi soniga teng bo`lib, sistemani tashkil etuvchi nuqtalar soniga bog`liq emas.

Agar ta’sir qiluvchi kuch potensialli bo`lsa,

$$Q_j = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_j},$$

bu holda (114.13) quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot q_j}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = 0 \quad , \quad (j = \overline{1,k}). \qquad (114.14)$$

Bundagi $L = T - \Pi$ — Lagranj funksiyasi yoki Lagranjning kinetik potensiali deyiladi; $\Pi = \Pi(q_1, q_2, \cdots, q_k)$ esa potensial energiyadan iborat.

Lagranjning II tur tenglamalarini tatbiq etib masalalar yechish

Lagranjning II tur tenglamasini tatbiq etib hal qilinadigan masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

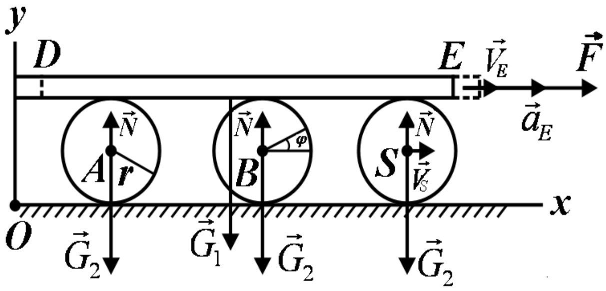
1. Berilgan sistemaning erkinlik darajasi aniqlanadi.
2. Umumlashgan koordinatalar tanlab olinadi.
3. Sistemaning kinetik energiyasi hisoblanadi va u umumlashgan tezliklar orqali ifodalanadi.
4. Umumlashgan kuch aniqlanadi.
5. Lagranjning II tur tenglamalari tuziladi.
6. Tuzilgan tenglamadan kerakli noma'lumlar aniqlanadi.

79- masala. m_1 massali DE sterjen har birining massasi m_2 bo`lgan uchta g`altak ustida yotadi. Sterjenning o`ng tomoniga gorizontal ravishda yo`nalgan $\vec{F}$ kuch qo`yilgan. U sterjen va g`altaklarni harakatga keltiradi. *DE* sterjenning tezlanishi aniqlansin.

G`altaklar bir jinsli doiraviy silindr deb hisoblansin. Sterjen bilan g`altaklar, shuningdek, g`altaklar bilan gorizontal tekislik orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin (209-rasm).

Yechish. Tekshirilayotgan sistemaga qo`yilgan bog`lanishlar ideal. Sistemaning holati *DE* sterjen *E* nuqtasining koordinatasi x_E — umumlashgan koordinata orqali bir qiymatli aniqlanadi. Demak, systema bitta erkinlik darajaga ega.

DE sterjen tezlanishni aniqlash uchun Lagranj II tur tenglamasini tuzish kerak.



209-rasm

Buning uchun avval sistema kinetik energiyasini hisoblaymiz. Sistema kinetik energiyasi sterjen va g`altaklar kinetik energiyalarining yig`indisiga teng:

$$T = T_{DE} + T_{g'al.} \; . \qquad (115.1)$$

DE sterjen ilgarilama harakatda bo`lgani tufayli uning kinetik energiyasi quyidagicha:

$$T_{DE} = \frac{1}{2} m_1 V_E^2 \; . \qquad (115.2)$$

G`altaklar tekis parallel harakatda. Suning uchun ularning kinetik energiyasi:

$$T_{g'al.} = 3\left(\frac{1}{2} m_2 V_S^2 + \frac{1}{2} I_S \, \omega^2\right) \quad \text{yoki} \quad T_{g'al.} = 3\left(\frac{1}{2} m_2 V_S^2 + \frac{1}{4} m_2 \, r^2 \, \omega^2\right).$$

(115.3)

G`ildiraklarning tekislik bilan urinish nuqtalari tezliklar oniy markazi bo`lgani uchun

$$V_S = \omega \, r \quad , \quad V_E = \omega \cdot 2\, r \; . \qquad (115.4)$$

(115.4) dan:

$$V_S = \frac{1}{2} V_E . \qquad (115.5)$$

(115.4) ni (115.3) ga qo`ysak:

$$T_{g'al.} = 3\left(\frac{1}{8} m_2 V_E^2 + \frac{1}{16} m_2 V_E^2\right) = \frac{9}{16} m_2 V_E^2 .$$

(115.6)

(115.2) va (115.6) ni (115.1) ga qo`yamiz:

$$T = \frac{V_E^2}{16}(9m_2 + 8m_1) = \frac{8m_1 + 9m_2}{16} \dot{x}_E^2 . \qquad (115.7)$$

Endi sistemaga x_E umumlashgan koordinata bo`yicha $\delta x_E$ mumkin bo`lgan ko`chish berib, umumlashgan kuchni aniqlaymiz. Sistemaga qo`yilgan kuchlarning mumkin bo`lgan ko`chishdagi ishlarning yig`indisini hisoblaymiz: $\delta A = F \delta x_E$.

Umumlashgan kuchni aniqlash formulasi $Q_{x_E} = \dfrac{\delta A}{\delta x_E}$ ga ko`ra

$$Q_{x_E} = F \qquad (115.8)$$

Sistemaning erkinlik darajasi bitta bo`lgani sababli Lagranj II tur tenglamasi bitta bo`ladi, ya'ni

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_E}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_E} = Q_{x_E} . \qquad (115.9)$$

(115.7) dan:

$$\frac{\partial T}{\partial x_E} = 0 \quad ,$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_E} = \frac{8m_1 + 9m_2}{8} \dot{x}_E \quad , \qquad (115.10)$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_E}\right) = \frac{a_E}{8}(8m_1 + 9m_2).$$

(115.8) va (115.10) ni (115.9) ga qo`yamiz:

$$\frac{a_E}{8}(8m_1 + 9m_2) = F .$$

Bu ifodadan DE sterjenning tezlanishi a_E kelib chiqadi:

$$a_E = \frac{8F}{8m_1 + 9m_2} \, (m/s^2) .$$

80-masala. Uzunligi l bo`lgan bir jinsli $AB$ sterjen vertikal tekislikda $A$ sharnir atrofida aylanishi mumkin. Sterjenning og`irligi $G=Mg$ ga teng. Sterjenning A uchi esa gorizont bilan α burchak hosil qiluvchi tekislik bo`ylab ishqalanmasdan sirpanadi Sterjen harakatining differensial tenglamasi tuzilsin (210-rasm).

Yechish. Sistemaga qo`yilgan bog`lanishlar ideal bo`lib, sistemaning erkinlik darajasi ikkita. Demak, umumlashgan koordinatalar ham ikkita bo`lib, ular uchun A nuqtaning og`ma tekislik bo`ylab ko`chishi $q_1 = x$ hamda sterjenning vertikaldan og`ishi $q_2 = \varphi$ olinishi mumkin.

Sanoq sistemasi 205-rasmdagidek tanlanadi. Sterjenning kinetik energiyasini hisoblaymiz.

$$T = \frac{1}{2} M V_S^2 + \frac{1}{2} I_S \, \omega^2 .$$

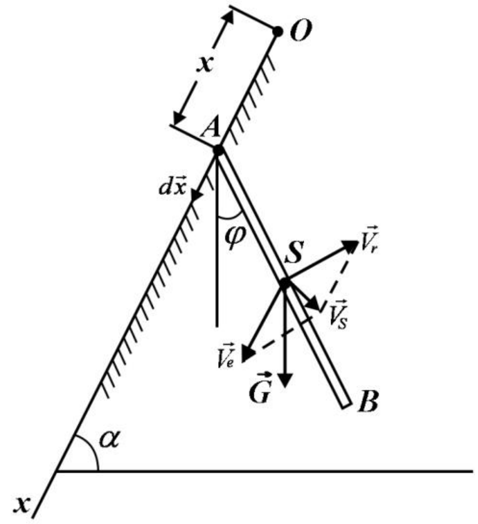
Bunda $\omega = \dot{\varphi}$, $I_S = \dfrac{M\,l^2}{12}$, bu yerda M — sterjen massasi.

S nuqta tezligi tezliklarni qo`shish teoremasidan foydalanib aniqlanadi:

$$\vec{V}_S = \vec{V}_r + \vec{V}_e ,$$

bu yerda $\vec{V}_r$ — sterjen inersiya markazining A nuqta atrofida aylanishidagi nisbiy tezligi; $\vec{V}_e$ — S nuqtaning og`ma tekislikka parallel bo`lgan ko`chirma tezligi. Ularning miqdorlari quyidagicha:

$$V_r = \frac{l}{2} \dot{\varphi} \quad , \quad V_e = \dot{x}$$



210-rasm

210-rasmdan (kosinuslar teoremasiga ko`ra):

$$V_S^2 = \dot{x}^2 + \frac{l^2}{4} \dot{\varphi}^2 - \dot{x}\, l\, \dot{\varphi} \cos(\alpha - \varphi) .$$

Natijada

$$T = \frac{M}{2} \left[\dot{x}^2 + \frac{l^2 \dot{\varphi}^2}{4} - l\, \dot{x} \dot{\varphi} \cos(\alpha - \varphi) \right] + \frac{M\, l^2}{24} \dot{\varphi}^2 .$$

(115.11)

(115.11)dan:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad , \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = M\, \dot{x} - \frac{M\, l\, \dot{\varphi} \cos(\alpha - \varphi)}{2} ;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = -\frac{1}{2} M\, l\, \dot{\varphi}\, \dot{x} \sin(\alpha - \varphi) \quad , \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = \frac{M\, l^2\, \dot{\varphi}}{4} - \frac{M\, l\, \dot{x} \cos(\alpha - \varphi)}{2} + \frac{M\, l^2\, \dot{\varphi}}{12} ;$$

$$\frac{d}{d\,t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) = M\, \ddot{x} - \frac{1}{2} M\, l\, \ddot{\varphi} \cos(\alpha - \varphi) - \frac{1}{2} M\, l\, \dot{\varphi}^2 \sin(\alpha - \varphi) ;$$

$$\frac{d}{d\,t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = \frac{M\, l^2}{4} \ddot{\varphi} - \frac{1}{2} M\, l\, \ddot{x} \cos(\alpha - \varphi) - \frac{1}{2} M\, l\, \dot{x} \dot{\varphi} \sin(\alpha - \varphi) + \frac{M\, l^2\, \ddot{\varphi}}{12} .$$

(15.12)

Umumlashgan kuchlar quyidagicha bo`ladi:

$$Q_x = \frac{\delta A}{\delta x} \quad , \quad Q_\varphi = \frac{\delta A}{\delta \varphi}$$

yoki

$$Q_x = \frac{G\delta x \sin\alpha}{\delta x} = G\sin\alpha \quad , \quad Q_\varphi = -\frac{Gl\sin\varphi\,\delta\varphi}{2\delta\varphi} = -\frac{Gl}{2}\sin\varphi \ ,$$

(115.13)

bunda $G=Mg$.

Endi Lagranj II tur tenglamasini yozamiz:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x \ , \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi \ .$$

(115.14)

(115.12) va (115.13) ni (115.14) ga qo`yamiz:

$$\frac{l\ddot{\varphi}}{3} - \frac{\ddot{x}\cos(\alpha-\varphi)}{2} + \frac{g\sin\varphi}{2} = 0 \ ,$$

$$\ddot{x} - \frac{l\ddot{\varphi}}{2}\cos(\alpha-\varphi) - \frac{l\dot{\varphi}^2}{2}\sin(\alpha-\varphi) - g\sin\alpha \ .$$

Bu sterjen harakatining differensial tenglamalarini ifodalaydi.

Nazorat savollari

1. Dinamikaning umumiy tenglamasi qanday yoziladi?
2. Lagranj II tur tenglamasini yozing.
3. Sistemaga ta’sir qilayotgan kuch potensialli bo`lganda umumlashgan kuch ifodasi qanday?
4. Potensialli kuch uchun Lagranj II tur tenglamasi qanday yoziladi?
5. Dinamikaning umumiy tenglamasiga doir masalalar qanday tartibda yechiladi?
6. Lagranj II tur tenglamasiga oid masalalar qanday hal etilishini tushuntiring?

6-MAVZU: BOG’LANISH BOR HOLDAGI LANGRAJ FUNKTSIYASI. TSIKLIK KOORDINATA TUSHUNCHASI.

Erkinlik darajasi bitta bo`lgan sistemaning kichik tebranma harakati haqida qisqacha tushuncha

Texnikada uchraydigan bir qancha masalalarda sistemaning muvozanat holati yaqinida kichik amplituda bilan tebranishlarini hisobga olishga to`g`ri keladi. Bunday tebranishlarni mashina va mexanizmlar vibratsiyasi, samolyotlar vibratsiyasi, yer silkinishlarini o`lchaydigan asbobning tebranishi misol bo`ladi.

Faraz qilaylik, mexanik sistema qo`yilgan kuchlar ta’sirida muvozanatda bo`lsin. Agar sistema nuqtalariga kichik boshlang`ich tezlik berish natijasida sistema nuqtalari doimo muvozanat holati yaqinida qolsa,sistemaning bunday muvozanati uctivor muvozanat, muvozanat holatidan uzoqlasha borsa, beustivor muvozanat deyiladi.

Sistema muvozanatining yetarli sharti quyidagi Lagranj-Dirixle teoremasi vositasida aniqlanadi: agar golonom,ideal va statsionar bog`lanishlar qo`yilgan,potensialli kuchlar ta’siridagi sistemaning biror holatidan uning potensial energiyasi minimal qiymatga erishsa, sistema bu holatda ustivor muvozanatda bo`ladi.Ustivor muvozanat *(q=0)* yaqinida

$$\left(\frac{\partial \Pi}{\partial q}\right)_{q=0} = 0 \, , \left(\frac{\partial^2 \Pi}{\partial q^2}\right)_{q=0} > 0$$

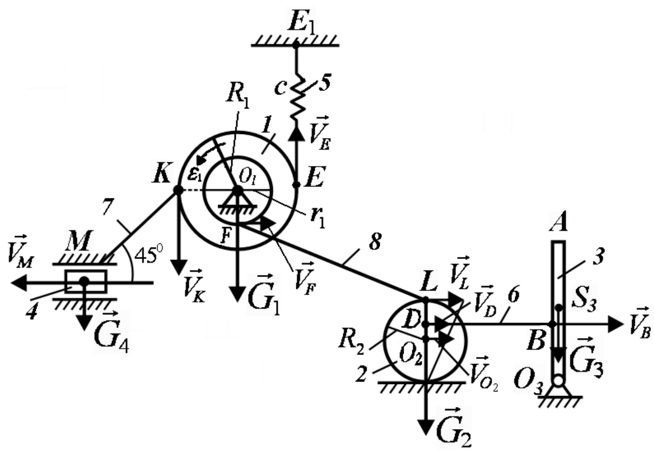
Sistemaning kichik tebranma harakatiga oid quyidagi masalani yechamiz.

81-masala. 211- rasmda ko`rsatilgan mexanizm vertikal tekislikda joylashgan bo`lib, u qo`zg`almas o`q atrofida aylanuvchi, radiuslari mos ravishda $R_1 = 0{,}4m$ , $r_1 = 0{,}2m$ bo`lgan 1-pog`onali g`ildirak, gorizontal tekislikda sirpanmasdan dumalaydigan radiusi $R_2 = 0{,}3m$ bo`lgan g`ildirak, uzunligi *l=1 m* bo`lgan 3-sterjen hamda gorizontal bo`ylab ishqalanmasdan sirpanadigan 4-polzundan iborat. 3-sterjen 2-g`ildirakka, 4-polzun 1-gildirakka sharnirlar yordamida og`irligi e’tiborga olinmaydigan 6 va 7-sterjenlar vositasida biriktirilgan. 7-sterjen gorizontal bilan 45^0 burchak hosil qiladi,

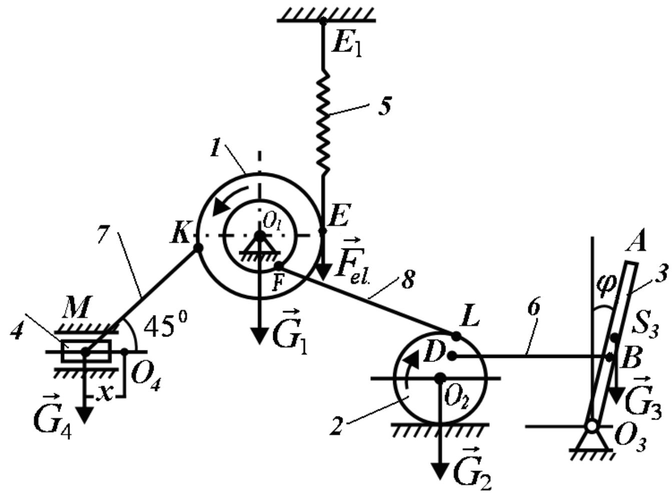
6-sterjen esa gorizontal joylashgan. 1 va 2 – g`ildiraklar og`irligi hisobga olinmaydigan 8-sterjen yordamida bog`langan. *AB=0,55 m.* Bikirligi *c* bo`lgan vertikal EE_1 prujinaning *E* uchi 1-pog`onali g`ildirakka biriktirilgan. E_1 uchi esa mahkamlangan. 211-rasmda mexanizmning muvozanat holati ko`rsatilgan.

Sistemaning muvozanat vaziyati yaqinidagi tebranishlar takrorligi va davri aniqlansin. Shuningdek, prujinaning statik cho`zilishi $\lambda_{st.}$ topilsin. 1 va 2-g`ildiraklar bir jinsli silindr deb hisoblansin.

$O_2D = \frac{1}{2}R$, $m_1 = 15\ kg, m_2 = 6\ kg, m_3 = 2\ kg, m_4 = 10\ kg$, $c = 700\ N/m$.



212-rasm



211-rasm

Yechish. Tekshirilayotgan sistemaning erkinlik darajasi birga teng.Chunki 4-polzunning O_4 muvozanat holatidan og`ishi yoki 1-g`ildirakning burilishi, yoki prujinaning ko`chishi, yoki 3-sterjenning burilishi orqali sistemaning holatini bir qiymatli aniqlash mumkin.

Faraz qilaylik**, 4-**polzun kichik x masofaga surilsin. Bu holda mexanizm ko`rinishi 212-rasmdagidek bo`ladi.

Umumlashgan koordinata deb x ni olamiz.

Sistemaning kichik tebranishini tekshirayotganimiz sababli sistema nuqtalarining tezliklari 212-rasmda tasvirlanganidek yo`naladi.

Tekshirilayotgan sistema uchun Lagranjning II tur tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q \qquad (119.1)$$

Sistemaga $\vec{G}_1, \vec{G}_2, \vec{G}_3, \vec{G}_4$ og`irlik kuchlari hamda prujinaning elastiklik kuchi $\vec{F}_{el.}$ ta'sir qiladi. Ular potensialli bo`lgani uchun

$$Q=-\frac{\partial \Pi}{\partial x} \qquad (119.2)$$

bo`ladi.

Sistemaning kinetik energiyasi

$$T=T_1+T_2+T_3+T_4 \qquad (119.3)$$

1-g`ildirak hamda 3-sterjen aylanma harakatda, 2-g`ildirak tekis parallel harakatda, 4-polzun esa ilgarilama harakatda bo`lgani uchun ularning kinetik energiyalari

$$T_1=\frac{1}{2}I_1\omega_1^2\,,\ T_2=\frac{1}{2}I_2\omega_2^2+\frac{1}{2}m_2V_{O_2}^2\,,\ T_3=\frac{1}{2}I_3\omega_3^2\,,\ T_4=\frac{1}{2}m_4V_M^2 \qquad (119.4)$$

bo`ladi. Bu ifodada

$$I_1 = \frac{1}{2} m_1 R_1^2 \; , I_2 = \frac{1}{2} m_2 R_2^2 \; , I_3 = \frac{1}{3} m_3 l^2$$

(119.4) ifodalardagi hamma tezliklarni umumlashgan tezlik $V_M = \dot{x}$ orqali ifodalaymiz.

7-sterjen tekis parallel harakat qiladi. Shuning uchun K nuqta tezligini aniqlashda tekis harakatdagi jism ikkita nuqtasi tezliklarining shu nuqtalardan o`tuvchi o`qdagi proyeksiyalari tengdir,degan teoremadan foydalanamiz:

$$V_M \cos 45^0 = V_K \cos 45^0$$

Bundan $V_K = \dot{x}$; K nuqta 1-g`ildirakka tegishli bo`lgani uchun:

$$\dot{x} = V_K = \omega_1 R_1 \; , \omega_1 = \frac{\dot{x}}{R_1} \; , \varphi_1 = \frac{x}{R_1}$$

(119.5)

$\vec{V}_F \parallel \vec{V}_L$ bo`lgani uchun 8-sterjen oniy ilgarilama harakat qiladi.Binobarin,

$$V_F = V_L \qquad (119.6)$$

2-g`ildirak sirg`anmasdan g`ildiragani uchun uning oniy markazi $P$ nuqtada bo`ladi. Shu sababli

$$V_L = \omega_2 \cdot 2R_2 \; , V_F = \omega_1 r_1 \qquad (119.7)$$

(119.7) ni (119.6) ga qo`ysak:

$$\omega_2 \cdot 2R = \omega_1 r_1$$

bundan $$\omega_2 = \frac{r_1}{2R_2} \cdot \omega_1 = \frac{r_1}{2R_2 R_1} \cdot \dot{x}$$

(119.8)

O_2 va D nuqtalar tezliklari quyidagicha aniqlanadi:

$$V_{O_2} = \omega_2 R_2 = \frac{r_1}{2R_1} \cdot \dot{x} \qquad (119.9)$$

$$V_D = \omega_2 PD = \frac{3r_1}{4R_1} \cdot \dot{x}$$

(119.10)

DB sterjenning D nuqtasi tezlik vektorining yo`nalishi $\vec{V}_B$ yo`nalishi bilan bir xil bo`lib, $DB$ bo`yicha yo`naladi. Shu sababli $DB$ oniy ilgarilama harakatda bo`ladi:

$$V_D = V_B \qquad \text{yoki} \qquad \omega_2 PD = \omega_3 O_3 B$$

bu ifodada $PD = O_3 B.$ Shuning uchun

$$\omega_3 = \omega_2 = \frac{r_1}{2R_1 R_2} \cdot \dot{x} \qquad (119.11)$$

(119.5) , (119.8) , (119.9) va (119.11) larni (119.4) ga qo`yamiz:

$$T_1 = \frac{1}{4} m_1 \cdot \dot{x}^2 = 3 \cdot \frac{3}{4} \cdot \dot{x}^2 \; , T_2 = \frac{3}{16} m_2 \frac{r_1^2}{R_1^2} \cdot \dot{x}^2 \; ,$$

$$T_3 = \frac{1}{24} \frac{m_3 l^2 r_1^2}{R_1^2 R_2^2} \cdot \dot{x}^2 = \frac{25}{108} \cdot \dot{x}^2 \; , \; T_4 = \frac{1}{2} m_4 \cdot \dot{x}^2 = 5\dot{x}^2$$

Bularni (119.3) ga qo`ysak,

$$T=\left(\frac{15}{4}+\frac{9}{32}+\frac{25}{108}+5\right)\dot{x}^2=9\frac{227}{864}\dot{x}^2$$

(119.12)

kelib chiqadi.

Endi potensial energiyani hisoblaymiz:

$$\Pi=\frac{1}{2}c\lambda+m_1 g z_{O_1}+m_2 g z_{O_2}+m_3 g z_{C_3}+m_4 g z_M$$

(119.13)

$\vec{G}_1, \vec{G}_2, \vec{G}_4$ kuchlar qo`ilgan nuqta vertikal bo`ylab ko`chmagani tufayli:

$$z_{O_1}=z_{O_2}=z_M=0\,,\; z_{C_3}=\frac{l}{2}\cos\varphi$$

$\cos\varphi$ ni Teylor qatoriga yoyib, to`rtinchi va undan yuqori tartibli kichik miqdorlarni e’tiborga olmasak,

$$z_{C_3}=\frac{l}{2}\left(1-\frac{\varphi^2}{2}\right) \qquad (119.14)$$

hosil bo`ladi.

(119.11) ga binoan

$$\varphi=\frac{r_1}{2R_1 R_2}\cdot x$$

deb yozish mumkin. Sistemaning muvozanat vaziyatida prujina $\lambda_{st.}$ ga cho`zilgan,u holda:

$$\lambda=\lambda_{st}-s_E=\lambda_{st.}-R_1\varphi_1=\lambda st.-x$$

Natijada

$$\Pi=\frac{1}{2}c(\lambda_{st.}-x)^2+m_3 g\frac{l}{2}\left(1-\frac{r_1^2}{8R_1^2 R_2^2}\cdot x^2\right)$$

Bundan

$$Q=-\frac{\partial\Pi}{\partial x}=c(\lambda_{st.}-x)+m_3 g\, l\frac{r_1^2\, x}{8R_1^2 R_2^2}$$

(119.15)

kelib chiqadi.

(119.12) dan

$$\frac{\partial T}{\partial x}=0\,,\;\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}=18\frac{227}{432}\cdot\dot{x}\,,\;\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)=18\frac{227}{432}\cdot\ddot{x}$$

(119.16)

(119.15) va (119.16) ni (119.1) ga qo`yamiz:

$$18\frac{227}{432}\cdot\ddot{x} = c(\lambda_{st.} - x) + m_3\, g\, l\, \frac{r_1^2}{8R_1^2\, R_2^2}\cdot x$$
(119.17)

Sistemaning muvozanat holatida $x = 0$, $Q = 0$.

Natijada $c\,\lambda_{st.} = 0\,, \lambda_{st.} = 0$ bo`ladi. Bu holda Lagranjning II tur tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$18\frac{227}{432}\cdot\ddot{x} + \left(c - m_3\, g\, l\, \frac{r_1^2}{8R_1^2\, R_2^2}\right)\cdot x = 0$$

yoki

$$\ddot{x} + k^2\, x = 0\,.$$

Bunda k — tebranishning doiraviy takrorligi

$$k^2 = \frac{c - \dfrac{m_3\, g\, l\, r_1^2}{8R_1^2\, R_2^2}}{18\dfrac{227}{432}}$$

Son qiymatlarni qo`ysak: $k = 6{,}1s^{-1}$; tebranish davri esa $\tau = 1{,}03s$.

Nazorat savollari

1.Dinamikaning umumiy tenglamasi qanday yoziladi?
2.Lagranj II-tur tenglamasini yozing.
3.Sistemaga ta’sir qilayotgan kuch qanday holda potensialli bo`ladi?
4.Potensialli kuch uchun Lagranj II-tur tenglamasi qanday yoziladi?
5.Dinamikaning umumiy tenglamasiga doir masalalar qanday tartibda yechiladi?
6.Lagranj II-tur tenglamasiga oid masalalar qanday hal etilishini tushuntiring?
7.Erkinlik darajasi bitta bo`lgan sistemaning kichik tebranishi haqida nimani
bilasiz?

7-MAVZU: RELYATIVISTIK MEXANIKA ASOSLARI. ELEKTROMAGNIT MAYDONDAGI ZARYADLI ZARRANING langraj FUNKTSIYASI.

Reja:

1. Inersial sanoq sistemasi va nisbiylikning mexanik prinsipi.

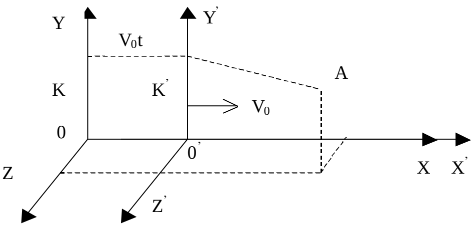
2. Galilley koordinata almashtirishlari. Almashtirishlarning invariantligi.

3. Yorug‘lik tezligi. Maxsus nisbiylik nazariyasi postulatlari.

4. Lorens almashtirishlari va undan kelib chiqadigan natijalar: uzunlik va vaqt oraligining nisbiyligi.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Sanoq sistema, inersial sanoq sistema, nisbiylikning mexanik prinsipi, Galiley almashtirishlari, massa, uzunlik. vaqt, tezliklarni qo‘shish, Eynshteyn postulatlari, Lorens almashtirishlari. Koriolis inersiya kuchlari. . Fuko mayatnigi. Ber qonuni

1. Inersial sanoq sistemasi va nisbiylikning mexanik prinsipi



9.1-rasm

Jismning tinch holati yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakati nisbiy bo‘lib, u sanoq sistemasiga bog‘liq. Masalan, bir - biriga nisbatan biror tezlanish bilan harakatlanayotgan ikki sanoq sistemasi mavjud bo‘lsin. Bu sistemalarning birida tinch holatini saqlayotgan jism ikkinchi sanoq sistemasida tezlanish bilan harakatlanadi. Demak, Nyutonning birinchi qonuni barcha sanoq sistemalarida bajarilavermaydi. *Lekin shunday sanoq sistemalar mavjudki, ularda erkin yoki kvazi erkin jism o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi. Bunday sanoq sistemalarini inersial sanoq sistemalari deb ataladi.* Nyutonning birinchi qonuni bajariladigan sanoq sistemalarini inersial sanoq sistemalari deb, aks holda esa noinersial sanoq sistemalari deb atay olamiz.

Biror inersial sanoq sistemasiga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ixtiyoriy sanoq sistemasi ham inersial sanoq sistemasi bo‘ladi.

9.1 – rasmda K sistemaga nisbatan K’ sanoq sistemasining to‘g‘ri chiziqli tekis harakati ko‘rsatilgan.

Jism harakati sanoq sistemasiga nisbatan aniqlanadi. Sanoq sistemasini tanlash kuzatuvchining ixtiyorida. Shuning uchun bir harakatni turli sanoq sistemalariga nisbatan tekshirish natijasida bu sanoq sistemalaridan birortasini boshqalarga nisbatan imtiyozli deb hisoblash mumkinmi? Bu savolga javob berish maqsadida etarlicha aniqlik bilan inersial sanoq sistemasi deb hisoblash mumkin bo‘lgan K sistemaga nisbatan K’ sanoq sistemasining to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini tekshiraylik. Soddalashtirish maqsadida K’ sistema K sistemaga nisbatan V_0 tezlik bilan OX o‘q yo‘nalishida harakatlanadi, deb hisoblaylik (9.1-rasm).

$t = 0$ vaqtda ikkala sanoq sistemasi bir-birining ustiga tushadi. $t \neq 0$ da K sanoq sistemasining boshi (ya’ni 0^1 nuqta) K sanoq sistemasida $X = V_0 \cdot t$; $u = 0$; $z = 0$ koordinatalar bilan aniqlanuvchi nuqtada joylashgan bo‘ladi. U holda moddiy nuqta (A) ning ixtiyoriy paytda ikkala sanoq sistemasidagi koordinatalari Galiley almashtirishlari deb ataladigan quyidagi munosabatlar bilan o‘zaro bog‘langan:

$$x = x' + v_0 t; \quad u = u'; \quad z = z'; \quad t = t'; \tag{9.1}$$

bundagi t va t′ mos ravishda K va K′ sanoq sistemalaridagi soatlar ko‘rsatayotgan vaqtlar. Agar vaqt hisobi ikkala sanoq sistemalarining boshlari (0 va 0′ nuqtalar) biri – birining ustiga tushib turgan paytdan boshlansa, ikkala sistemadagi bir xil soatlar bir xil vaqtlarni ko‘rsatishi (ya’ni $t = t^1$) tabiiy hol ekanligiga o‘rganib qolganmiz.

Demak, *bir sanoq sistemasidan (K) dan ikkinchi sanoq sistemasi (K^1) ga o‘tganda koordinatalar o‘zgaradi, ya’ni koordinatalar nisbiy kattaliklardir. Vaqt o‘tishi esa sanoq sistemalarining nisbiy harakatlanishiga bog‘liq emas, ya’ni vaqt absolyut kattalikdir.*

2. Galiley koordinata almashtirishlari. Almashtirishlarning invariantligi

Endi biror sterjen uzunligini ikkala sistemada aniqlaylik (9.2-rasm).

Sterjen uchlari (A va B nuqtalar) ning K sistemadagi koordinatalarini mos ravshda X_1, U_1, Z_1 va X_2, U_2, Z_2 deb belgilasak, uning uzunligi

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \tag{9.2}$$

bo‘ladi. K^1 sanoq sistemasi esa K ga nisbatan OX yo‘nalishida V_0 tezlik bilan harakatlanyapdi. Shuning uchun K^1da sterjen uchlarining koordinatalari mos ravishda

$$x_1^1 = x_1 - V_0 t \qquad x_2^1 = x_2 - V_0 t$$
$$y_1^1 = y_1 \qquad y_2^1 = y_2$$
$$z_1^1 = z_1 \qquad z_2^1 = z_2$$

bo‘ladi.

Natijada sterjenning K^1 sanoq sistemasidagi uzunligi uchun

$$\ell' = \sqrt{\left(X_2^1 - X_1^1\right)^2 + \left(Y_2^1 - Y_1^1\right)^2 + \left(Z_2^1 - Z_1^1\right)^2} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2} \tag{9.3}$$

Ifodani hosil qilamiz (9.2) va (9.3) larni o‘aro taqqoslab

$$\ell = \ell' \tag{9.4}$$

degan xulosaga kelamiz. Umuman, bir sanoq sistemasidan ikkinchi sanoq sistemasiga o‘tganda biror kattalikning qiymati o‘zgarmasa, bu kattalik mazkur almashtirishga nisbatan i n v a r i a n t deyiladi. U holda (9.4) ifodaga asosan, quyidagini ayta olamiz: uzunlik Galiley almashtirishlariga nisbatan invariyantdir.

Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning K va K′ sanoq sistemalaridagi tezliklarining proeksiyalari orasidagi bog‘lanishni topish uchun (9.1) ifodalardan vaqt bo‘yicha hosila olamiz:

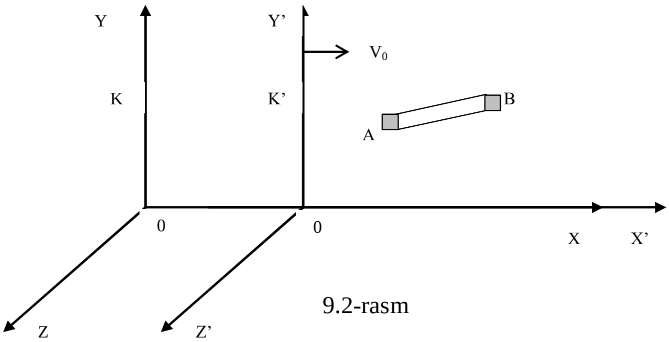
$$V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(x' + V_0 t) = V_x^1 + V_0$$
$$V_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(y') = V_y^1 \qquad (9.5)$$
$$V_z = \frac{dZ}{dt} = \frac{d}{dt}(z') = V_z^1$$

Bu munosabatlarni vektor ko‘rinishda

$$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{V}_o \qquad (9.6)$$

shaklda yozish mumkin.

Bu (9.6) ifoda tezliklarning qo‘shilish qonuni bo‘lib, uni quyidagicha tavsif qilish mumkin: moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezligi ($\vec{V}$) shu nuqtaning K′ dagi tezligi ($\vec{V}'$) va K′ ning K ga nisbatan tezligi ($\vec{V}_o$) ning vektor yig‘indisiga teng.



9.2-rasm

(9.5) ifodalardan vaqt bo‘yicha hosila olsak, moddiy nuqtaning K va K′ sanoq sistemalaridagi tezlanishlarining proeksiyalari orasidagi bog‘lanishni hosil qilamiz:

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d}{dt}(V_x' + V_0) = \frac{dV_x'}{dt} = a_x'$$
$$a_y = \frac{dV_y}{dt} = \frac{d}{dt}(V_y') = a_y' \qquad (9.7)$$
$$a_z = \frac{dV_z}{dt} = \frac{d}{dt}(V_z') = a_z'$$

Vektor ko‘rinishda (9.7) ifodalarni

$$\mathbf{a} = \mathbf{a'} \qquad (9.8)$$

shaklda yozamiz. Demak, moddiy nuqtaning K sanoq sistemasidagi tezlanishi (**a**) va K′ sanoq sistemasidagi tezlanishi (**a’**) bir xil ekan. Boshqacha aytganda, *tezlanish Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir.*

Tajribalarning ko‘rsatishicha, barcha inersial sanoq sistemalarda jism massasi bir xil qiymatga ega va u harakat tezligiga (yorug‘lik tezligidan ancha kichik tezliklar nazarda tutiladi) bog‘liq emas:

$$m = m' . \qquad (9.9)$$

Nyuton mexanikasida o‘rganiladigan kuchlar, xususan elastiklik kuchi yoki torishish kuchi jismning ayrim qismlari orasidagi masofaga bog‘liq. Masofa (uzunlik) Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant. Ba’zi kuchlar, masalan, ishqalanish kuchlari o‘zaro ta’sirla shuvchi jismlar tezliklarning farqiga bog‘liq. Tezliklar farqi, (9.6) munosabatga asosan, bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchisiga o‘tilganda o‘zgarmaydi (V_2 - V_1 = V'_2 - V'_1).

Shuning uchun *klassik mexanikada kuch Galiley almashtirishlariga nisbatan invariantdir,* ya'ni

$$\vec{F} = \vec{F}' \quad . \tag{9.10}$$

Dinamikaning asosiy qonuni − Nyutonning ikkinchi qonuni

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \tag{9.11,a}$$

ga etibor bersak, undagi barcha kattaliklar [(9.8), (9.9) va (9.10) ga qarang.] Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant. Binobarin, dinamika asosiy qonunining K sanoq sistemasiga nisbatan $\mathbf{V_0}$ tezlik bilan harakatlanayotgan K′ sanoq sistemasidagi matematik ifodasi

$$\mathbf{G}'' = m' \cdot \mathbf{a}' \tag{9.11,b}$$

Mazkur qonunning K sanoq sistemasidagi ifodasiga to'liq mos keladi. Demak, *barcha inersial sanoq sistemalarida ayni bir mexanik hodisa bir xil tarzda sodir bo'ladi va mazkur inersial sanoq sistemasida o'tkaziladigan mexanik tajribalar yordamida sanoq sistemasi tinch turganligini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotganligini aniqlab bo'lmaydi.*

Bu fikrni Galiley bayon etganligi uchun Galileyning nisbiylik prinsipi, Ba'zan nisbiylikning mexanik prinsipi deb yuritiladi. Bu prinsipga asosan, agar biror sistema (masalan, K sanoq sistemasi) inersial bo'lsa, unga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatlanuvchi juda ko'p inersial sistemalar (K′) ham mavjud. Inersial sanoq sistemalarning barchasida klassik mexanika qonunlari aynan bir xil namoyon bo'lishidan bu sistemalarning barchasi teng xuquqli va ular orasidan biror imtiyozli inersial sanoq sistemasini ajratish mumkin emas, degan xulosa kelib chiqadi.

Shuni ham qayd qilaylikki, tezlikka bog'liq bo'lgan kattaliklar, masalan, impuls ($\mathbf{R} = m \cdot \mathbf{v}$) yoki kinetik energiya bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchi inersial sanoq sistemasiga o'tganda o'zgaradi, chunki mazkur o'tishda tezlik o'zgarar edi ($\mathbf{V} = \mathbf{V}' + \mathbf{V_o}$). Biroq impuls va energiyalarning turli inersial sanoq sistemalaridagi qiymatlari bir–biridan $\mathbf{V_o}$ bilan aniqlanuvchi doimiy miqdorga farqlanadi. Shuning uchun bunday kattaliklarni xarakterlovchi qonunlar ifodasining ko'rinishi turli inersial sanoq sistemalarida bir xil bo'ladi.

Umuman, *bir sanoq sistemasidan ikkinchisiga o'tilganda biror kattalikning absolyut qiymati o'zgarsa, lekin bu kattalik qatnashgan tenglamaning ko'rinishi o'zgarmasa, bu tenglama muzkur almashtirishga nisbatan kovariant deb aytiladi.* Impulsning saqlanish qonuni va mexanik energiyaning saqlanish qonuni Galiley almashtirishlariga nisbatan kovariantdir.

3. Yorug'lik tezligi. Maxsus nisbiylik nazariyasi postulatlari

Maksvell tomonidan elektrodinamika asosiy qonunlarini umumlashtiruvchi tenglamalar yaratildi. Maksvell tenglamalari nihoyat ko'p tajriba dalillari bilan isbotlanadi. Lekin Maksvell tenglamalari Galiley almashtirishlariga nisbatan invariant emasligi aniqlandi.

Asrimiz boshida fizik olimlarni hayratga solgan mazkur muammoni hal qilish uchun Puankare va undan mustaqil ravishda Eynshteyn quyidagi xulosaga keldilar: Galiley almashtirishlaridan farqlanadigan yangi almashtirishlardan foydalanish zarurki, bu almashtirishlarga nisbatan Maksvell tenglamalarining ifodalari oʻz koʻrinishlarini oʻzgartirmasliklari lozim. Bunday oʻzgarishlarni Eynshteyn quyidagi ikki prinsip asosida keltirib chiqardi:

1. Nisbiylik prinsipi, *fizik qonunlar (mexanik, elektromagnitizm, optika.... qonunlari) barcha inersial sanoq sistemalarida oʻrinlidir*. Boshqacha aytganda ayni bir fizik hodisani inersial sanoq sistemalarining birida kuzatish tufayli olingan natijalar boshqa inersial sanoq sistemalarida olingan natijalardan farqlanmaydi. Galileyning nisbiylik prinsipi ham xuddi shuni ta’kidlar edi, lekin unda faqat mexanik hodisalar (barcha fizik hodisalar emas) haqida mulohaza yuritilgan edi.

2. Yorugʻlik tezligining doimiylik prinsipi. *Yorugʻlikning vakuumdagi tezligining qiymati barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil boʻladi*. U yorugʻlikning tarqalish yoʻnalishiga hamda yorugʻlik chiqaruvchi jism va kuzatuvchining harakatiga bogʻliq emas. Bu prinsip klassik mexanikadagi tezliklarni qoʻshish qoidasiga mutloqa ziddir.

Lorens almashtirishlari va undan kelib chiqadigan natijalar: Uzunlik va vaqt oraligining nisbiyligi

Haqiqatan, K sanoq sistemasiga nisbatan V_0 tezlik bilan toʻgʻri chiziqli tekis harakat qilib uzoqlashayotgan K′ sanoq sistemasidagi jism tomonidan tarqatilayotgan yorugʻlik tezligini c deb belgilasak, Galiley almashtirishlariga asosan, K sanoq sistemasidagi kuzatuvchi uchun yorugʻlik tezligi $c \pm V_0$ boʻlishi lozim edi. Vaholanki, K sanoq sistemasida ham, K′ sanoq sistemasida ham, yorugʻlik tezligi bir xil boʻlishi kerak. Nyuton nuqtai nazari asosida fikr yuritsak, $c + V_0$ nima uchun s ga teng boʻlishi lozimligini tushuntira olmaymiz. Buni tushunish uchun fazo va vaqt haqidagi Nyuton tushunchalaridan voz kechish lozim. Fazo va vaqt haqidagi bu yangi tushunchalar Eynshteyn tomonidan yaratilgan nisbiylik nazariyasida aks etgan. Bu nazariya bir-biriga nisbatan toʻgʻri chiziqli tekis harakatlanayotgan sanoq sistemalari (inersial sistemalar) uchun oʻrinli. Keyinchalik, Eynshteyn nisbiylik nazariyasini rivojlantirib, uni bir-biriga nisbatan tezlanuvchan harakat qiladigan sistemalarga qoʻllash yoʻllarini ahtaradi va “tortishish nazariyasi” deb atalgan umumiy nazariyani yaratdi. Bu nazariyani nisbiylik nazariyasining umumiy xoli deb, faqat inersial sistemalarga taalluqli boʻlgan nazariyani esa nisbiylik nazariyasining xususiy holi deb hisoblanadi. Binobarin, “Nisbiylik nazariyasi” deganda shu xususiy holni tushunamiz Nisbiylik nazariyasining zaminida yotuvchi Lorens almashtirishlari quyidagi koʻrinishda yoziladi.

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{x' + V_0 t'}{\sqrt{1-\beta^2}} \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \frac{t' + \frac{V_0}{c^2}x'}{\sqrt{1-\beta^2}} \end{aligned}\right\}, \qquad (9.12)$$

bu erda $\beta = \dfrac{V_0}{C}$.

Bu munosabatlar yordamida K′ sanoq sistemasidagi koordinatalar (x′, u′, z′) va vaqt (t′) dan K sanoq sistemasidagi koordinatalar (x, y, z) va vaqt (t) ga o‘tiladi. K sistemadan K′ sistemaga o‘tish uchun (9.12) ni quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\left.\begin{aligned} x' &= \frac{x - V_0 t}{\sqrt{1-\beta^2}} \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t - \frac{V_0}{c^2}x}{\sqrt{1-\beta^2}} \end{aligned}\right\}. \qquad (9.13)$$

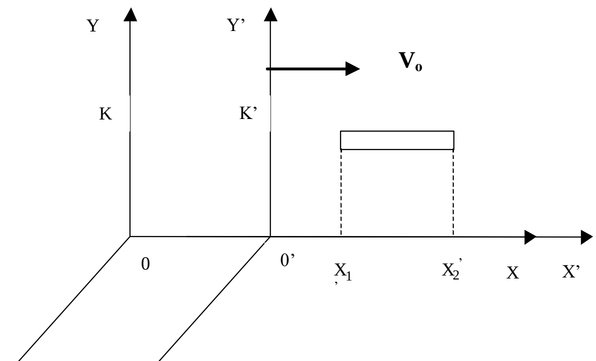
Bu ifodalardagi V_0 - bir inersial sanoq sistemasi (K) ga nisbatan OX o‘q “yo‘nalish”da to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ikkinchi inersial sanoq sistemasining tezligi, s esa yorug‘likning vakuumda tarqalish tezligi.

Yuqoridagi (9.12), (9.13) tenglamalar gollandiyalik olim N.Lorens (1853-1908) tomonidan (daniyalik olim Lorens (1829-1891) emas) 1904 yilda o‘sha zamon tasavvurlariga unchalik to‘g‘ri kelmaydigan mulohazalar asosida keltirib chiqarilgan.

Klassik mexanikada Galiliy almashtirishlaridan, nisbiylik nazariyasida esa Lorens almashtirishlaridan ba’zi natijalar kelib chiqadiki, ular klassik tasavvurlarga o‘rganib qolgan talabada ajablanish tuyg‘usini vujudga keltiradi.

Uzunlik tushunchasi.

K’ sistemasida biror jism (masalan O^1X^1 o‘qqa parallel ravishda joylashtirilgan sterjen) tinch turgan bo‘lsin (10.1 - rasm). Ixtiyoriy t^1 vaqtda sterjen uchlarining koordinatalari mos ravishda x_1^1 *ва* x_2^1 bo‘lsin. U holda sterjen uzunligi $\ell_0 = x_2^1 - x_1^1$ ifoda bilan aniqlanadi. K sistemadagi kuzatuvchi uchun shu sterjen uzunligi ($\ell = x_2 - x_1$) qanday bo‘ladiq



9.1-rasm

a) Klassik mexanikada, Galiley almashtirishlari ga asosan, jism uzunligi barcha inersial sanoq sistemalarida aynan bir xil bo‘ladi ((9.4) ifodaga qarang) .

b) Sterjen K^1 sistema bilan birgalikda OX o‘q yo‘nalishida harakatlanayotganligi uchun K sistemadagi kuzatuvchi sterjen uchlari koordinatalarini aynan bir vaqtda o‘lchashi lozim.

Kuzatuvchi K sistemadagi soatning t paytida sterjen uchlarining koordinatalari mos ravishda x_1 va x_2 ekanligini aniqladi. Lorens almashtirishlariga asosan (9.13) x_1 va x_2 sterjenning K^1 dagi koordinatalari x_1^1 va x_2^1 bilan quyidagicha bog‘langan:

$$x_1^1 = \frac{x_1 - \vartheta_0 t}{\sqrt{1-\beta^2}}; \qquad x_2^1 = \frac{x_2 - \vartheta_0 t}{\sqrt{1-\beta^2}}; \qquad \left(\beta = \frac{\vartheta_0}{c}\right)$$

Bundan

$$X_2^1 - X_1^1 = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$\ell_0 = \frac{\ell}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Demak,

$$\ell = \ell_0 \sqrt{1-\beta^2} \qquad (9.14)$$

Ya’ni K sistemada sterjen uzunligi K^1 sistemadagiga nisbatan qisqaroq bo‘ladi. Buni uzunlikning *Lorens qisqarishi* deb atash odat bo‘lib qolgan. Lekin mazkur terminda uzunlikning qisqarishi emas, balki uzunlikning nisbiyligi qayd qilish to‘g‘riroq bo‘lardi. Binobarin, jicm uzunligining xech qanday qisqarishi ro‘y bermaydi. Jismning uzunligi aslida nimaga teng, degan savol ham maonoga ega emas, chunki har bir sanoq sistemasida jismning o‘z uzunligi bo‘ladi. Boshqacha qilib aytganda, nisbiylik nazariyasida jism uzunligining miqdoriy o‘lchovi nisbiydir va u sanoq sistemasiga bog‘liq bo‘ladi.

Shunday qilib, *nisbiylik nazariyasida sterjen uzunligi turli inersial sanoq sistemalarida turlicha. Sterjen qaysi sistemada tinch turgan bo‘lsa, shu sistemada u eng katta uzunlikka ega bo‘ladi.*

Vaqt tushunchasi.

K^1 sanoq sistemasining qo‘zg‘almas x_1^1 nuqtasida biror voqea t_1^1 paytda boshlanib t_2^1 paytda tugallansin. Mazkur voqea t_2^1 - t_1^1 = Δt_o vaqt davom etgan bo‘ladi. K sistemadagi kuzatuvchi uchun shu voqeaning davom etish vaqti (Δt) qanday bo‘ladiq

a) Nyuton mexanikasi nuqtai nazariga asosan, vaqtning o‘tishi sanoq sistemalarining nisbiy harakatiga bog‘liq emas, ya’ni bir-biriga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlanayotgan barcha sanoq sistemalarida vaqt aynan bir xil. Shuning uchun K sistemasida ham voqea $\Delta t = t_2 - t_1 = \Delta t_0$ vaqt davom etadi.
b) K sanoq sistemasidagi kuzatuvchi shu sistemadagi soat bo‘yicha voqeaning boshlanishi t_1 paytda, tugallanishi esa t_2 paytda sodir bo‘lganligini qayd qiladi. Lorens almashtirishlariga asosan t_1 va t_2 paytlar K^1 sanoq sistemasidagi soat bo‘yicha qayd qilinadigan t_1’ va t_2’ paytlar bilan quyidagicha bog‘langan:

$$t_1 = \frac{t_1^1 + \frac{\vartheta_0}{C^2}x^1}{\sqrt{1-\beta^2}}; \qquad t_2 = \frac{t_2^1 + \frac{\vartheta_0}{C^2}x^1}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad .$$

Bundan:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t_2^{'} - t_1^{'}}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \tag{9.15}$$

Demak, *nisbiylik nazariyasida aynan bir voqea turli inersial sanoq sistemalarida turlicha vaqt davom etadi. Bu effektni harakatlanuvchi sanoq sistemalarida vaqt o‘tishining sekinlashishi deb ataladi.* Mazkur effektning mohiyati turli sanoq sistemalardagi soatlarning yurish tezliklari turlicha ekanligidan iborat, deb tushunish mutlaqo noto‘g‘ri bo‘ladi. Barcha sanoq sistemalardagi soatlar bir xilda yuradi. Lekin ular o‘zaro solishtirilganda harakalanuvchi sanoq sistemasi K^1da K sistemadagiga nisbatan vaqt sekinroq o‘tkanligi aniqlanadi. Bu xulosa nisbiylik nazariya prinsiplarining natijasidir.

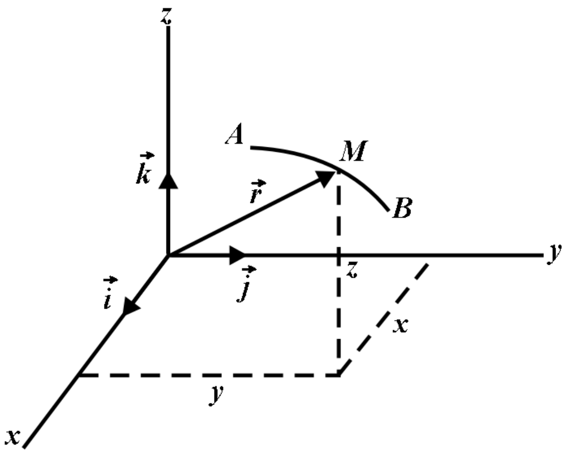
8-MAVZU: Eng kichik ta`sir printsipi. Ta`sir tushunchasi. Fazo va vaqtning simmetriya xususiyatlari. Inertsial sanoq sistemalari. Moddiy nuqta harakatining berilish usullari

Moddiy nuqtaning harakati davomida fazoda qoldirgan izi *trayektoriya* deb ataladi. Trayektoriya to`g`ri chiziqdan iborat bo`lsa, *to`g`ri chiziqli harakat*; egri chiziqdan iborat bo`lsa, *egri chiziqli harakat* deyiladi. Agar tanlangan sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning holatini aniqlash ko`rsatilgan bo`lsa, nuqta harakati berilgan deb hisoblanadi.

Moddiy nuqta harakati 4 ta usulda beriladi:

1) vektor; 2) koordinata; 3) tabiiy; 4) qutb.

Biz, asosan, uchta usul bilan tanishib chiqamiz.



67-rasm

1. Vektor usuli. Faraz qilaylik, *M* nuqta *Oxyz* koordinatalar sistemasiga nisbatan *AB* trayektoriya bo`ylab harakat qilayotgan bo`lsin. *O* va *M* nuqtalarni tutashtiruvchi vektor $\overrightarrow{OM} = \vec{r}$ nuqtaning *radius-vektori* deyiladi (67-rasm)

Vaqt o`tishi bilan *M* nuqta holati o`zgara boradi, natijada uning radius-vektori ham miqdor va yo`nalishi jixatidan o`zgaradi. Agar *M* nuqtaning radius-vektori vaqt funksiyasi sifatida berilgan bo`lsa, nuqtaning fazodagi holati istalgan vaqt uchun aniqlangan bo`ladi,

ya'ni: $$\vec{r} = \vec{r}(t)\,. \qquad (32.1)$$

(32.1) tenglama moddiy nuqta harakatining vektor usulida berilishidir.

2. Koordinata usuli. Chizma geometriyadan, matematikadan ma'lumki, *M* nuqta holatini *x*, *y*, *z* Dekart koordinatalar orqali aniqlash mumkin. Nuqta harakatlanganda koordinatalar vaqt o`tishi bilan o`zgaradi, ya'ni ular vaqtning bir qiymatli funksiyasidan iborat bo`ladi:

$$x=x(t), \quad y=y(t), \quad z=z(t). \qquad (32.2)$$

(32.2) ma'lum bo`lsa, nuqtaning fazodagi holatini istalgan paytda aniqlash mumkin.

(32.2) tenglama moddiy nuqta harakatining koordinata usuldagi berilishidan iborat.

(32.2) dan vaqtni yo`qotsak, nuqtaning trayektoriya tenglamasi kelib chiqadi. *M* nuqta harakati *Oxy* tekisligida sodir bo`lsa, (32.2) quyidagicha bo`ladi:

$$x=x(t), \quad y=y(t)\,. \qquad (32.3)$$

Nuqta harakati to`g`ri chiziqli bo`lsa, harakat yo`nalishini *Ox* o`qi deb qarasak, (32.2) ni

$$x=x(t) \qquad (32.4)$$

ko`rinishida yozish mumkin.

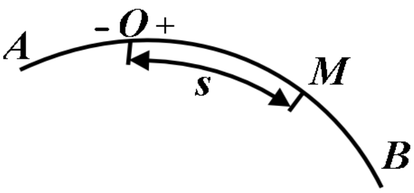
Agar *Oxyz* koordinata sistemasi o`qlarining birlik yo`naltiruvchi vektorlarini mos ravishda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ desak, *M* nuqta radius-vektorini quyidagicha yozish mumkin (67-rasm):

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}\,. \tag{32.5}$$

(32.5) tenglama nuqta harakatining vektor usulda berilishi bilan nuqta koordinatalari orasidagi munosabatni ifodalaydi.

3. Tabiiy usul. Faraz qilaylik, *M* nuqta ma'lum *AB* trayektoriya bo`ylab harakatlanayotgan bo`lsin (68-rasm). Trayektoriyadagi biror *O* nuqtani sanoq markazi deb, musbat va manfiy yo`nalishlarni belgilab olamiz. U holda nuqtaning trayektoriyadagi holati *s* egri chiziqli koordinata bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$s = s(t)\,. \tag{32.6}$$



68-rasm

(32.6) tenglama *M* nuqtaning trayektoriya bo`ylab harakat qonuni yoki harakatni tabiiy usulda berilishidan iborat.

Demak, *M* nuqta harakatini tabiiy usulda aniqlash uchun: 1) trayektoriya; 2) trayektoriyadagi sanoq markazi; 3) harakat yo`nalishi; 4) trayektoriya bo`ylab harakat qonuni berilishi kerak. Ko`rinib turibdiki, trayektoriya ma'lum bo`lsa, qo`yilgan masalani hal etishda bu usuldan foydalanish qulay.

33 -§. Moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilishidan tabiiy usuldagi berilishiga o`tish

Faraz qilaylik, moddiy nuqta harakati (32.2) tenglamalar bilan berilgan bo`lsin, ya'ni:

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

Matematikadan ma'lumki:

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2} \tag{33.1}$$

(*) ni vaqt bo`yicha differensiallaymiz:

$$dx = \dot{x}\,dt,\ dy = \dot{y}\,dt,\ dz = \dot{z}\,dt\,. \tag{33.2}$$

(33.2) ni (33.1)ga qo`ysak:

$$ds = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}\ dt\,. \tag{33.3}$$

$t=0$ va $t=t$ oraliqda (33.3) ni integrallasak,

$$s=\int_0^t \sqrt{\dot{x}^2+\dot{y}^2+\dot{z}^2}\,dt=s(t)$$

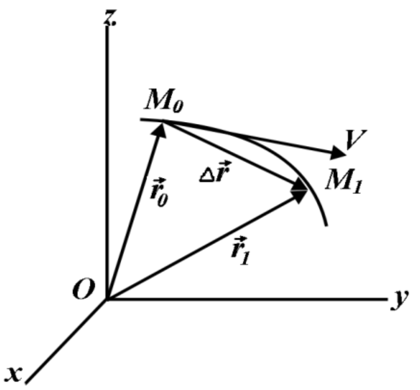
(33.4)
kelib chiqadi.

Demak, (*) dan foydalanib, nuqtaning trayektoriya bo`yicha tenglamasini aniqladik. Boshqacha aytganda nuqta harakati koordinata usulida berilganda uning tabiiy usuldagi berilishini keltirib chiqardik.

34 - §. Moddiy nuqtaning tezlik va tezlanish vektori

Moddiy nuqtaning holati va harakat yo`nalishining o`zgarishini uning tezligi belgilab beradi.

Moddiy nuqta harakati vektor usulda berilganda tezlik qanday aniqlanishini ko`rib chiqaylik. Aytaylik, $t=t_0$ da tekshirilayotgan nuqta $M_0$ da bo`lib, radius-vektori



69-rasm

$\vec{r}_0$; $t=t_1$ da nuqta M_1 da, radius-veqtori $\vec{r}_1$ bo`lsin. Bu holda $t_1-t_0=\Delta t$ vaqt o`zgarishi, $\vec{r}-\vec{r}_0=\Delta\vec{r}$ esa radius-vektor o`zgarishi bo`ladi.

Radius-vektor o`zgarishini vaqt o`zgarishiga nisbati nuqtaning o`rtacha tezlik vektorini beradi (69-rasm):

$$\vec{V}_{o`r}=\frac{\Delta\vec{r}}{dt}.$$

(34.1)

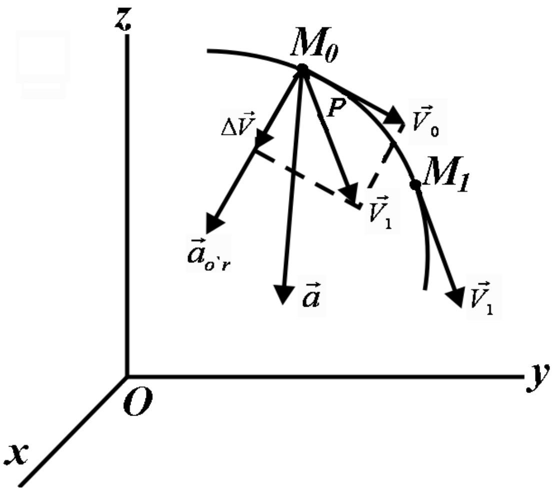
(34.1) dan $\Delta t\to 0$ da limitga o`tsak, nuqtaning haqiqiy tezlik vektori kelib chiqadi:

$$\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}=\frac{d\vec{r}}{dt}=\vec{V} \qquad \text{yoki} \qquad \vec{V}=\frac{d\vec{r}}{dt}.$$

(34.2)

(34.2) dan ko`ramizki, moddiy nuqtaning tezlik vektori uning radius-vektoridan vaqt bo`yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng.

Δt nolga intilganda $\vec{V}_{o'r}$ M_0 nuqta atrofida aylanib urinmaga yaqinlashadi. Natijada tezlik vektori trayektoriyaga urinma bo`lib, harakat yo`nalishi tomon yo`naladi. Tezlik xalqaro SI sistemada *m/s* da o`lchanadi.



70-rasm

Moddiy nuqta tezligi yo`nalishi va miqdori qanchalik tez o`zgarishini aniqlaydigan kattalik uning tezlanishidir.

Faraz qilaylik, tekshirilayotgan nuqta $t = t_0$ da M_0 da bo`lib, uning tezligi $\vec{V}_0$; $t = t_1$ da $M_1$ da bo`lib, tezligi $\vec{V}_1$ bo`lsin. Tezlik o`zgarishi $\Delta\vec{V} = \vec{V}_1 - \vec{V}_0$ ni aniqlash uchun M_1 nuqta tezligi $\vec{V}_1$ ni M_0 nuqtaga, mazkur tezlikka parallel qilib ko`chiramiz, so`ngra parallelogramm qursak, shu parallelogramm bir tomoni $\Delta\vec{V}$ dan iborat bo`ladi (70-rasm).

Nuqtaning o`rtacha tezlanish vektori quyidagicha bo`ladi:

$$\vec{a}_{o'r} = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}. \qquad (34.3)$$

(34.3) ning $\Delta t \to 0$ dagi limiti haqiqiy tezlanish vektorini beradi:

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = \frac{d\vec{V}}{dt}$$

yoki

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}. \qquad (34.4)$$

Demak, moddiy nuqtaning tezlanish vektori tezlik vektoridan vaqt bo`yicha birinchi, radius-vektoridan ikkinchi tartibli hosilaga teng.

Agar nuqta bir tekislikda yotuvchi chiziq bo`ylab harakatlansa, $\vec{a}$ trayektoriya tekisligida yotib, trayektoriyaning botiq tomoniga yo`naladi.

Agar nuqta bir tekislikda yotmaydigan egri chiziqdan iborat bo`lsa, $\vec{a}_{o`r}$ parallelogramm tekisligi P da yotadi. $\Delta t \to 0$ bo`lganda, ya'ni, $M_1$ nuqta $M_0$ ga yaqinlashganda, $P$ tekislikning egallagan holati yopishma tekislik deyiladi. Demak, $M$ nuqtaning tezlanish vektori yopishma tekislikda yotadi va trayektoriyaning botiq tomoniga yo`naladi (70-rasm). SI sistemada tezlanish m/s^2 da o`lchanadi.

Moddiy nuqtaning tezlik va tezlanishini koordinata usulida aniqlash

Moddiy nuqta harakati Dekart koordinatalarida (32.2) tenglamalar bilan berilgan bo`lsin.

Tezlik vektorining Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalarini mos ravishda V_x, V_y, V_z desak:

$$\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} + V_z \vec{k}\,. \tag{35.1}$$

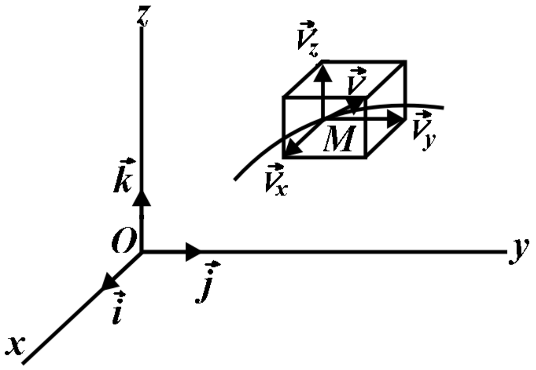
(34.2) ga ko`ra (32.5) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\vec{V} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}\,. \tag{35.2}$$

(35.2) bilan (35.1) ni solishtirsak,

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}\,,\quad V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}\,,\quad V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z} \tag{35.3}$$

kelib chiqadi.



71-rasm

Demak, tezlik vektorini koordinata o`qlaridagi proyeksiyasi nuqtaning mazkur o`qdagi mos koordinatasidan vaqt bo`yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng. Tezlik vektori proyeksiyalari mos ravishda $Ox$, $Oy$, $Oz$ o`qlariga parallel (71-rasm).

$\vec{V}_x$, $\vec{V}_y$, $\vec{V}_z$ larni parallelogramm usulini qo`llab qo`shsak, $\vec{V}$ tezlik $\vec{V}_x$, $\vec{V}_y$, $\vec{V}_z$ larga qurilgan parallelepiped diogonali bo`ylab yo`naladi.

Matematikadan ma’lumki:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}\,. \tag{35.4}$$

Tezlik vektorining yo`naltiruvchi kosinuslari quyidagicha aniqlanadi:

$$\cos(\vec{V},^\wedge \vec{i}) = \frac{V_x}{V}\,,\quad \cos(\vec{V},^\wedge \vec{j}) = \frac{V_y}{V}\,,\quad \cos(\vec{V},^\wedge \vec{k}) = \frac{V_z}{V}\,.$$

(35.5)

Tekshirilayotgan nuqta tezlanish vektorining Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalarini a_x, a_y, a_z desak:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}\,.$$

(35.6)

(34.4) ga ko`ra (35.1) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

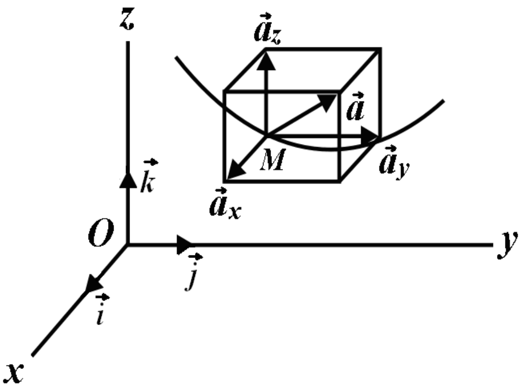
$$\vec{a} = \frac{dV_x}{dt}\vec{i} + \frac{dV_y}{dt}\vec{j} + \frac{dV_z}{dt}\vec{k}\,. \tag{35.7}$$

(35.6) bilan (35.7) ni taqqoslasak,

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}, \quad a_y = \frac{dV_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}, \quad a_z = \frac{dV_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$$

yoki

$$a_x = \ddot{x},\ a_y = \ddot{y},\ a_z = \ddot{z} \qquad (35.8)$$ kelib chiqadi.



72-rasm

Nuqta tezlanishini proyeksiyalari (35.8) ma'lum bo`lsa, tezlanish moduli

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \qquad (35.9)$$

formuladan, yo`naltiruvchi kosinuslari esa

$$\cos(\vec{a},^\wedge \vec{i}) = \frac{a_x}{a},\ \cos(\vec{a},^\wedge \vec{j}) = \frac{a_y}{a},\ \cos(\vec{a},^\wedge \vec{k}) = \frac{a_z}{a}$$

(35.10)
formulalardan aniqlanadi (72-rasm).

Tabiiy usulda berilgan nuqta harakatining tezligini aniqlash

Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda (32.6) tenglama bilan berilgan. Nuqtaning radius-vektori $\vec{r}$ ni egri chiziqli koordinata s ning funksiyasi deb qarash mumkin, ya'ni $\vec{r} = \vec{r}(s)$. Bu holda $\vec{r}$ vaqtning murakkab funksiyasi bo`ladi.

Murakkab funksiyaning hosilasi quyidagicha bo`ladi:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{ds} \cdot \frac{ds}{dt},$$

bu yerda

$$\frac{d\vec{r}}{ds} = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta s}$$

trayektoriyaga o`tkazilgan urinmaning birlik vektorini beradi. Bu vektorni $\vec{\tau}$ deb belgilaymiz.

Natijada $$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{ds}{dt}\vec{\tau}$$

(36.1)
hosil bo`ladi. Haqiqatdan ham, biz bilamizki,

$$\vec{V} = V\vec{\tau}. \qquad (36.2)$$

Birlik vektori $\vec{\tau}$ doimo sanoq boshidan nuqtagacha bo`lgan masofaning o`sishi tomon yo`naladi.

(36.1) bilan (36.2) ni solishtirsak,

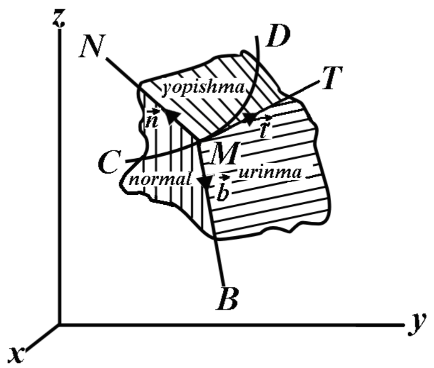
$$V = \frac{ds}{dt} \qquad (36.3)$$

kelib chiqadi.

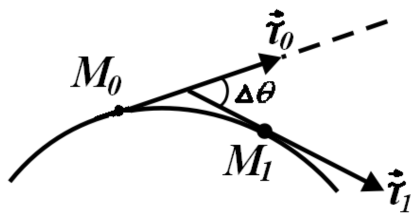
Demak, nuqta tezligining algebraik qiymati uning egri chiziqli koordinatasidan vaqt bo`yicha birinchi tartibli hosilaga teng.

37 - §. Tabiiy koordinatalar sistemasi. Chiziqning egriligi. Egrilik radiusi

Qo`zg`almas koordinatalar sistemasiga nisbatan M nuqta bir tekislikda yotmaydigan CD egri chiziq bo`ylab harakat qilsin. (73-rasm).



73- rasm



74 – rasm

M nuqtadan egri chiziqli koordinataning o`sishi tomon yo`nalgan MT urinmani o`tkazamiz. $MT$ ga perpendikular qilib o`tkazilgan tekislik normal tekislik deb atalib, unda bir qancha normallar yotadi. Ulardan ikkitasi ahamiyatga ega. Biri MT ga perpendikular bo`lib, chiziqning botiq tomoniga qarab yo`nalgan bosh normal MN, ikkinchisi esa MT va MN ga perpendikular bo`lgan binormal MB dan iborat.

MT , MN , MB yo`nalishlardagi o`qlar tabiiy koordinata o`qlari deyiladi. Ularning musbat yo`nalishi o`ng sistema tashkil etadigan qilib tanlanadi. Mazkur o`qlarning birlik vektorlarini mos ravishda $\vec{\tau}, \vec{n}, \vec{в}$ deb belgilaymiz. $\vec{\tau}$ va $\vec{в}$ yotgan tekislik urinma, $\vec{\tau}$ va $\vec{n}$ yotgan tekislik yopishma, $\vec{n}$ va $\vec{b}$ yotgan tekislik normal tekislik deb ataladi. Bu tekisliklardan tashkil topgan uchyoqlik tabiiy uchyoqlik deyiladi. M nuqtaning trayektoriyasida bir-biriga juda yaqin bo`lgan $M_0$ va $M_1$ nuqtalardan $M_0\tau_0$ va $M_1\tau_1$ urinmalarni o`tkazamiz (74-rasm). Ular orasidagi burchakni $\Delta\theta$, M_0M_1 yoyni Δs desak,

$$\lim_{\Delta s \to o} \frac{\Delta\theta}{\Delta s} = \frac{d\theta}{ds} = k$$

chiziqning egriligini beradi.

Egrilikning teskari qiymati egrilik radiusi deb ataladi va u quyidagicha ifodalanadi:
$$\rho = \frac{1}{k}.$$

Moddiy nuqta tezlanishini tabiiy usulda aniqlash

Tezlanishni tabiiy usulda aniqlash uchun (36.2) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

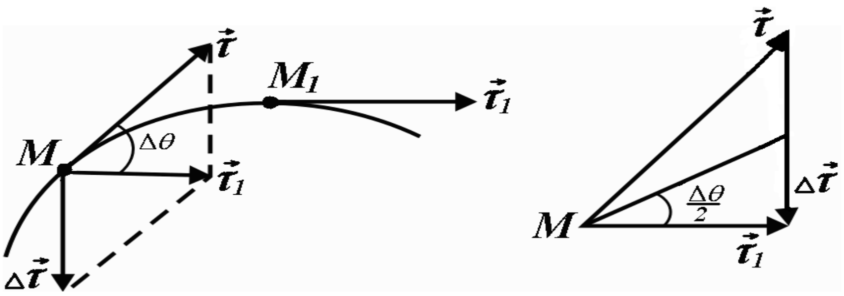
$$\vec{a} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + V \cdot \frac{d\vec{\tau}}{dt}$$

yoki
$$\vec{a} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + V \cdot \frac{d\vec{\tau}}{ds} \cdot \frac{ds}{dt}. \tag{38.1}$$

(38.1) dagi $\frac{d\vec{\tau}}{ds}$ ning miqdori va yo`nalishini aniqlash uchun uni quyidagicha yozamiz:

$$\frac{d\vec{\tau}}{ds} = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta\vec{\tau}}{\Delta s},$$

bu yerda $\Delta\vec{\tau}$ trayektoriyadagi bir-biriga yaqin bo`lgan $M_0$ va $M_1$ nuqtalardan o`tkazilgan urinmalar birlik vektorlarining ayirmasidan iborat (75-rasm, *a*).



a *b*

75-rasm

$|\vec{\tau}_0| = |\vec{\tau}_1| = 1$ bo`lgani uchun $\vec{\tau}, \vec{\tau}_1$ va $\Delta\vec{\tau}$ lardan tashkil topgan uchburchak tengyonli bo`ladi (75-rasm, *b*); bu uchburchakdan:

$$\sin\frac{\Delta\theta}{2} = \frac{|\Delta\vec{\tau}|}{2}.$$

M_1 ni M_0 ga juda yaqin deb qarasak, $\Delta\theta$ juda kichik bo`ladi. Bu holda $\sin\frac{\Delta\theta}{2}$ ni $\frac{\Delta\theta}{2}$ bilan almashtirish mumkin, ya’ni:

$$\frac{\Delta\theta}{2} = \frac{|\Delta\vec{\tau}|}{2} \qquad \text{yoki} \qquad \Delta\theta = |\Delta\vec{\tau}|.$$

Natijada

$$\left|\frac{d\vec{\tau}}{ds}\right| = \lim_{\Delta S\to 0}\frac{\left|\Delta\vec{\tau}\right|}{\Delta s} = \lim_{\Delta s\to 0}\frac{\Delta\theta}{\Delta s} = \frac{d\theta}{ds} = k \quad \text{yoki} \quad \lim_{\Delta S\to 0}\frac{\Delta\theta}{\Delta s} = \frac{1}{\rho} \qquad (38.2)$$

kelib chiqadi. ρ – egrilik radiusi, k – chiziqning egriligi. $\frac{d\vec{\tau}}{dt}$ vektor $\vec{\tau}$ ga perpendikulyar, haqiqatdan ham $\vec{\tau}$ ning kvadrati birga teng:

$$(\vec{\tau})^2 = 1.$$

Bu tenglikdan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$2\vec{\tau}\cdot\frac{d\vec{\tau}}{dt} = 0.$$

(38.3)

Matematikadan ma’lumki, $\vec{\tau}$ bilan $\frac{d\vec{\tau}}{dt}$ perpendikular bo`lgan holda (38.3) to`g`ri bo`ladi. Demak,

$$\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \left|\frac{d\vec{\tau}}{dt}\right|\vec{n} \quad \text{yoki} \quad \frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{V}{\rho}\vec{n}. \qquad (38.4)$$

(38.4) ni (38.1) ga qo`ysak:

$$\vec{a} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + \frac{V^2}{\rho}\vec{n}. \qquad (38.5)$$

Moddiy nuqta tezlanishining tabiiy koordinata o`qlaridagi proyeksiyalarini mos ravishda a_τ, a_n, $a_в$ desak,

$$\vec{a} = a_\tau\vec{\tau} + a_n\vec{n} + a_в\vec{в} \qquad (38.6)$$

bo`ladi. (38.5) bilan (38.6) ni solishtirsak,

$$a_\tau = \frac{dV}{dt}, \quad a_n = \frac{V^2}{\rho}, \quad a_в = 0 \qquad (38.7)$$

kelib chiqadi.

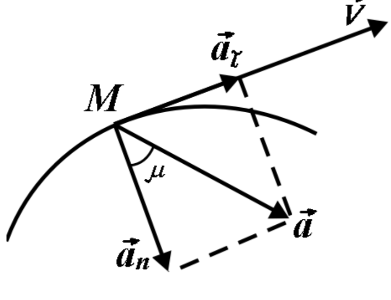
(38.7) dan foydalanib, to`la tezlanishni aniqlash mumkin:

$$a^2 = a_\tau^2 + a_n^2 \qquad (38.8)$$

yoki

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}. \qquad (38.9)$$

Urinma tezlanish $\vec{a}_\tau$ bilan normal tezlanish $\vec{a}_n$ orasidagi burchak $tg\mu = \frac{|a_\tau|}{a_n}$ bilan aniqlanadi (76-rasm).



76-rasm

Agar moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilib egrilik radiusini aniqlash talab etiladigan bo`lsa, tezlik ifodasini Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari orqali yozamiz:

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2 \quad . \tag{38.10}$$

(38.10) dan vaqt bo`yicha hosila olsak:

$$2V\frac{dV}{dt} = 2V_x\frac{dV_x}{dt} + 2V_y\frac{dV_y}{dt} + 2V_z\frac{dV_z}{dt},$$

bu yerdan

$$Va_\tau = V_x a_x + V_y a_y + V_z a_z$$

yoki

$$a_\tau = \frac{V_x a_x + V_y a_y + V_z a_z}{V} \tag{38.11}$$

kelib chiqadi.

(38.8) ga asosan: $a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}$, (38.12)

bunda

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \; .$$

(38.12) ni (38.7) ning ikkinchisiga qo`ysak, chiziqning egrilik radiusi

$$\rho = \frac{V^2}{a_n} = \frac{V^2}{\sqrt{a^2 - a_\tau^2}} \tag{39.13}$$

kelib chiqadi.

39 - §. Moddiy nuqta harakatining xususiy hollari

Moddiy nuqta harakatining xususiy hollari (38.5) formuladan foydalanib aniqlanadi.

1. Agar nuqta harakati davomida $\vec{a} = 0$, ya'ni $\vec{a}_\tau = 0$, $\vec{a}_n = 0$ bo`lsa, $\frac{dV}{dt} = 0$, $\frac{V^2}{\rho} = 0$ bo`ladi. Bundan V=const, ρ=∞ kelib chiqadi. Bu holda nuqta harakati to`g`ri chiziqli tekis harakatdan iborat bo`ladi.

2. Agar $a_\tau \neq 0, a_n = 0$ bo`lsa, nuqta tezligining yo`nalishi o`zgarmas bo`lib, moduli $V = \left|\frac{ds}{dt}\right|$ bo`ladi; ρ=∞. Bu holda nuqta harakati to`g`ri chiziqli o`zgaruvchan harakatdan iborat.

3. Agar $a_\tau = 0$ bo`lib, $a_n = \frac{V^2}{\rho} \neq 0$ bo`lsa, $V = const$ bo`ladi. Natijada moddiy nuqta egri chiziqli tekis harakatda bo`ladi.

Nuqtaning boshlang`ich vaqtdagi tezligi $V_{0,}$ egri chiziqli koordinatasi $s = s_0$ bo`lsin.

Bularni nazarda tutib, (38.7) ning birinchisini integrallasak,

$$s = s_0 + V_0 t$$

(39.1)

kelib chiqadi.

(39.1) tenglama moddiy nuqtaning egri chiziqli tekis harakati tenglamasi deb ataladi.

4. Agar $a_\tau \neq 0$, $a_n \neq 0$ bo`lsa, nuqta harakati egri chiziqli o`zgaruvchan harakatdan iborat bo`ladi. $a_\tau = 0$ bo`lgan hol tekis o`zgaruvchan harakat deyiladi. Boshlang`ich paytda $s = s_0$, $V = V_0$ deb, (38.7) ning birinchisini integrallaymiz:

$$\frac{dV}{dt} = a_\tau, \quad V = a_\tau t + V_0 \ . \tag{39.2}$$

(39.2) ni yana integrallasak:

$$s = \pm a_\tau \frac{t^2}{2} + V_0 t + s_0 \cdot \tag{39.3}$$

Moddiy nuqta harakati tekis o`zgaruvchan bo`lsa, (39.3) dan a_τ oldidagi musbat ishora; sekinlanuvchi bo`lsa, minus ishora olib masala hal etiladi.

40 - §. Moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilganda uning trayektoriya tenglamasi, trayektoriya bo`yicha tenglamasi, tezlik va tezlanishini aniqlash

Moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilganda talab etiladigan kinematik elementlar quyidagi tartibda aniqlanadi:

1. Moddiy nuqtaning trayektoriya tenglamasini aniqlash uchun (32.2) dan vaqt chiqarib tashlanadi.
2. Trayektoriya bo`yicha tenglamasini aniqlash uchun (32.2) dan vaqt bo`yicha hosila olinib, (33.4) ga qo`yiladi.
3. (35.3), (35.4) va (35.5) dan foydalanib tezlik aniqlanadi.
4. (35.8), (35.9) va (35.10) ga asoslanib tezlanish topiladi.
5. Tezlik va tezlanish yo`nalishlari trayektoriyada ko`rsatiladi.

12-masala. Moddiy nuqta harakati

$$x = \frac{1}{2}(e^t + e^{-t}),$$

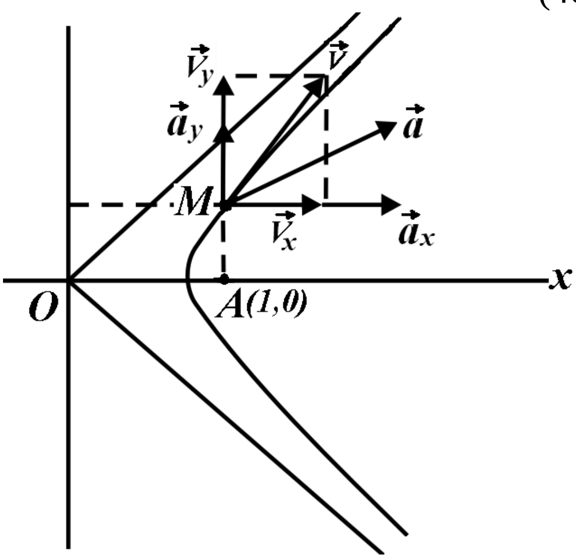
$$y = \frac{1}{2}(e^t - e^{-t})$$

(40.1)

tenglamalar bilan berilgan (x, y – metr, t – sekund hisobida). Nuqtaning trayektoriya tenglamasi, shuningdek $t=1$ sekundagi nuqta tezligi hamda tezlanishi topilsin, yo`nalishlari trayektoriyada ko`rsatilsin.

Yechish. Trayektoriya tenglamasini aniqlash uchun (40.1) ni kvadratga ko`tarib ayiramiz:

$$x^2 - y^2 = 1 . \qquad (40.2)$$



77-rasm

(40.2) formula $x=1$, $y=0$ nuqtadan boshlanadigan giperbola o`ng tarmog`ining yuqori qismidan iborat (77-rasm).

$t = 1$ sekundda: $x=1,54$ *m*, $y=1,18$ *m*.

Nuqta tezligini aniqlash uchun (40.1) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\dot{x} = \frac{1}{2}\left(e^t - e^{-t}\right) \quad , \quad \dot{y} = \frac{1}{2}\left(e^t + e^{-t}\right).$$

t=1 sekundda

$$\dot{x} = \frac{1}{2}\left(e - \frac{1}{e}\right) = \frac{1}{2}(2,7183 - 1,3679) = 1,18 \ m/s,$$

$$\dot{y} = \frac{1}{2}\left(e + \frac{1}{e}\right) = 1,54 \ m/s;$$

$$V = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}; \quad V = \sqrt{1,3924 + 2,3716} = 1,94 \ m/s,$$

$$\cos(\vec{V},^\wedge \vec{i}) = \frac{V_x}{V} = \frac{1,18}{1,94} = 0,61, \ \cos(\vec{V},^\wedge \vec{j}) = 0,7938; \ (\vec{V},^\wedge \vec{i}) = 52^0 25', \ (\vec{V},^\wedge \vec{j}) = 37^0 27'.$$

Tezlanish quyidagicha bo`ladi.

$$a_x = \frac{1}{2}\left(e^t + e^{-t}\right), \quad a_y = \frac{1}{2}\left(e^t - e^{-t}\right).$$

t = 1 sekundda: $a_x = 1,54$, $a_y = 1,18$; $a = 1,94 \ m/s^2$;

$$\cos(\vec{a},^\wedge \vec{i}) = 0,7938, \cos(\vec{a},^\wedge \vec{j}) = 0,61; \quad (\vec{a},^\wedge \vec{i}) = 37^0 27', (\vec{a},^\wedge \vec{j}) = 52^0 25'.$$

Tezlik va tezlanishlar yo`nalishlari ko`rsatilganidek bo`ladi.

13-masala. Moddiy nuqta harakati

$$x=e^t \cos t, \quad y=e^t \sin t, \quad z=e^t \qquad (40.3)$$

tenglamalar bilan berilgan. Nuqtaning trayektoriya tenglamasi, trayektoriya bo`ylab harakat qonuni aniqlansin (x, y, z – metr, t – sekund hisobida).

Yechish. (40.3) dan vaqtni yo`qotish uchun $z=e^t$ ni (40.3) ning birinchi ikkitasiga qo`yamiz:

$$x=z \cos t \quad , \quad y=z \sin t.$$

Bu tenglikni ikkala tomonlarini kvadratga ko`tarib qo`shamiz:

$x^2+y^2=z^2$ yoki $x^2+y^2-z^2=0.$ (40.4)

(40.4) tenglamadan ko`ramizki, trayektoriya ikkinchi tartibli doiraviy konusdan iborat ekan.

Nuqtaning trayektoriya bo`yicha tenglamasini aniqlash uchun (40.3) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\dot{x} = e^t \cos t - e^t \sin t\,,$$
$$\dot{y} = e^t \sin t + e^t \cos t\,,$$
$$\dot{z} = e^t\,,$$

bundan:

$$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 = 3e^{2t}\,. \qquad (40.5)$$

(40.5) ni (33.4) ga qo`ysak,

$$s = \int_0^t e^t \sqrt{3}\, dt = \sqrt{3} e^t \qquad (40.6)$$

kelib chiqadi.

(40.6) nuqtaning trayektoriya bo`ylab harakat qonunini ifodalaydi.

Moddiy nuqta harakati tabiiy usulda berilganda tezlik va tezlanishni topish

Tabiiy usulda tezlik va tezlanish quyidagi tartibda aniqlanadi:

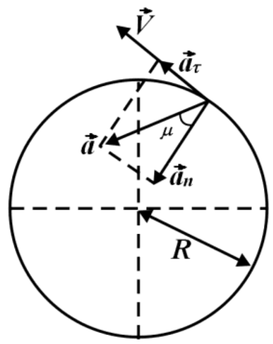
1. Tezlik miqdori (36.3) formula yordamida topiladi.
2. (38.7) va (38.9) formulalar yordamida tezlanish aniqlanadi.
3. Tezlik va tezlanish yo`nalishi rasmda ko`rsatiladi.

14-masala. Moddiy nuqta radiusi $R=2m$ bo`lgan aylana bo`ylab

$$s = 6 + 2t^2 + \frac{1}{3}t^3$$

qonunga muvofiq harakatlanadi (s – metr, t – sekund hisobida).

Nuqtaning $t = 1$ sekunddagi tezligi va tezlanishi topilsin.



Yechish. **(36.3) formulaga ko`ra:**

$V = 4t + t^2.$

$t = 1$ sekundda $V = 5$ m/s.

(38.7) ga ko`ra:

$$a_\tau = 4 + 2t, \qquad a_n = V^2/R.$$

$t = 1$ sekundda $a_\tau = 6$ m/s^2, $a_n = 25/2 = 12{,}5$ m/s^2;

78-rasm $tg\mu = \dfrac{|a_\tau|}{a_n}$; $tg\mu = 0{,}48$; $\mu = 25^0 38'$.

(38.9) dan foydalansak: $a = \sqrt{6^2 + 12{,}5^2} = 13{,}87$ m/s^2 kelib chiqadi (78-rasm).

15-masala. Moddiy nuqta radiusi R bo`lgan aylana bo`ylab

$$s = V_0 t - \frac{1}{2} k t^2 \tag{41.1}$$

qonunga ko`ra harakatlanadi (s, R – metr, t – sekund hisobida)

Nuqta tezlanishi, shuningdek, tezlanish qanday vaqtda k ga teng bo`lishi va bu vaqtda nuqta tezligi qanday bo`lishi aniqlansin.

Yechish. (41.1) dan vaqt bo`yicha hosila olsak:

$$V = V_0 - k\, t \ (m/s).$$

(38.7), (38.9) ga asosan:

$$a_\tau = \frac{dV}{dt} = k\,, \quad a_n = \frac{(V_0 - kt)^2}{R}\,, \quad a = \sqrt{k^2 - \frac{(V_0 - kt)^4}{R^2}} \ (\text{m/s}^2)\,.$$

Moddiy nuqta tezlanishi k ga teng bo`lishi uchun $a_n = 0$ bo`lishi kerak, ya’ni:

$$(V_0 - k\, t)^2 = 0, \qquad V_0 - k\, t = 0,$$

bundan

$$t = \frac{V_0}{k}\ ; \quad V = 0$$

kelib chiqadi.

42 - §. Moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilganda urinma, normal tezlanish hamda egrilik radiusini aniqlash

Masala yechish tartibi quyidagicha:

1. Nuqta tezligi (35.3), (35.4) formulalar yordamida aniqlanadi.
2. (35.8), (35.9) formulalar yordamida tezlanish topiladi.
3. (38.11) dan foydalanib urinma tezlanish aniqlanadi.
4. Normal tezlanishni (38.12) dan topiladi.
5. Egrilik radiusini aniqlash uchun (38.13) formuladan foydalaniladi.

16-masala. Moddiy nuqta harakati

$$x = 3t - 0{,}2\sin(9{,}23t),$$
$$y = 0{,}325 - 0{,}2\cos(9{,}23t)$$

tenglamalar bilan berilgan (x, y – metr, t – sekund hisobida).

$t = 0{,}054\,\pi$ sekund bo`lganda trayektoriyaning egrilik radiusi aniqlansin.

Yechish. (35.3) va (35.4) ga asosan:

$$V_x = 3 - 0{,}2 \cdot 9{,}23 \cdot \cos(9{,}23t) = 3 - 1{,}846\cos(9{,}23t),$$

$$V_y = 0{,}2 \cdot 9{,}23 \cdot \sin(9{,}23t) = 1{,}846\sin(9{,}23t).$$

t = 0,54 π sekundda

$$V_x = 3 m/s, \quad V_y = 1{,}846 m/s, \quad V = 3{,}52 m/s..$$

(35.8), (35.9) formulalarga ko`ra:

$$a_x = 1{,}846 \cdot 9{,}23 \cdot \sin(9{,}23t) = 17\sin(9{,}23t),$$

$$a_y = 1{,}846 \cdot 9{,}23 \cdot \cos(9{,}23t) = 17\cos(9{,}23t).$$

t = 0,054 π sekundda

$$a_x = 17\ m/s^2, \qquad a_y = 0, \qquad a = 17\ m/s^2.$$

(38.11) dan foydalansak:

$$a_\tau = \frac{3 \cdot 17}{5{,}52} = \frac{51}{3{,}52} = 14{,}5\ m/s^2.$$

Normal tezlanish esa:

$$a_n = \sqrt{289 - 210{,}25} = 8{,}87\ m/s^2.$$

Egrilik radiusini aniqlashda (38.13) dan foydalansak,

$$\rho = \frac{12{,}39}{8{,}87} = 1{,}39\ m$$

kelib chiqadi.

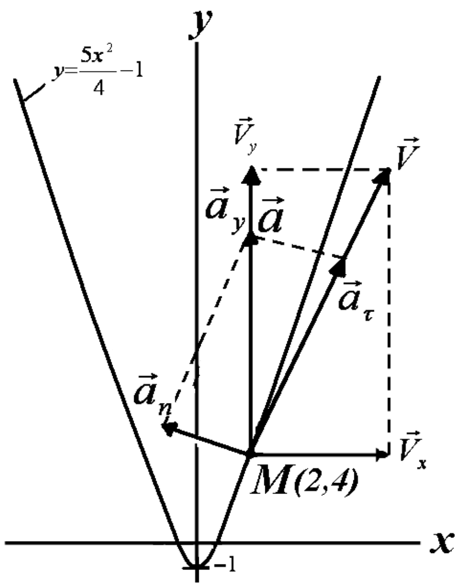
17-masala. Moddiy nuqta

$$x = 2t, \qquad y = 5t^2 - 1 \qquad (42.1)$$

tenglamalarga ko`ra harakat qiladi (x, y – metr, t – sekund hisobida).

Nuqtaning trayektoriya tenglamasi tuzilsin, $t=1$ sekunddagi tezligi, tezlanishi hamda egrilik radiusi aniqlansin va ular yo`nalishi trayektoriyada ko`rsatilsin.

Yechish. (42.1) dan vaqt bo`yicha hosila olib, tezlik proyeksiyalarini topamiz:



79-rasm

$V_x = 2,\ V_y = 10\ t$.
(42.2)

t = 1 sekundda

$V_x = 2,\ V_y = 10,$

$V = \sqrt{4+100} = 10{,}2\ m/s.$

(42.2) dan hosila olsak:

$a_x=0,\ a_y=10\ m/s^2,\ a=10\ m/s^2.$

Urinma tezlanishni aniqlaymiz:

$$a_\tau = \frac{V_x a_x + V_y a_y}{V},$$

$$a_\tau = \frac{2\cdot 0 + 10\cdot 10}{10{,}2} = 9{,}8\ m/s^2.$$

Normal tezlanish quyidagicha bo`ladi:

$$a_n = \sqrt{100-96} = 2\ m/s^2.$$

Egrilik radiusi esa:

$$\rho = \frac{(10{,}2)^2}{4} = 26\ m.$$

(42.1) dan vaqtni yo`qotish uchun mazkur tenglamaning birinchisidan $t$ ni topib, uni (42.1) ning ikkinchisiga qo`ysak, trayektoriya tenglamasi kelib chiqadi:

$$y = \frac{5x^2}{4} - 1. \qquad (42.3)$$

(42.3) dan ko`ramizki, nuqta trayektoriyasi paraboladan iborat. $t = 1$ sekunddagi barcha kinematik parametrlar yo`nalishini rasmda ko`rsatamiz (79-rasm). $t = 1s$ da nuqta koordinatalari $x = 2\ m,\ y = 4\ m.$

Nazorat savollari

1. Moddiy nuqtaning trayektoriya bo`yicha harakat qonuni yoki tenglamasi deb
   nimaga aytiladi?
2. Moddiy nuqta harakati qanday usullarda beriladi?
3. Moddiy nuqta harakati grafigi deganda nimani tushunasiz?
4. Nuqtaning berilgan vaqtdagi tezligining yo`nalishi qanday va miqdori nimaga
   teng?
5. Tekis o`zgaruvchan harakat qonuni va grafigini ta’riflang.
6. Moddiy nuqta harakati koordinata usulida berilganda, trayektoriya qanday

aniqlanadi?

7. Harakatdagi nuqtaning tezlik vektori bilan radius- vektori orasida qanday bog`lanish bor?

8. Moddiy nuqta tezlanishi nima? Moddiy nuqta tezlanishi vektori bilan tezlik vektori orasida qanday bog`lanish bor?

9. Moddiy nuqta tezlanishi vektori bilan radius- vektori orasida qanday munosabat bor?

10. Tezlik vektorining Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalarini yozing.

11. Tezlanish vektorining Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalarini yozing.

12. Tezlanish yo`nalishi qanday?

13. Tezlik va tezlanish yo`naltiruvchi kosinuslari qanday aniqlanadi?

14. Urinma, normal va to`la tezlanish qanday topiladi?

15. Qanday o`qlar tabiiy koordinata o`qlari deyiladi?

16. Chiziqning egriligi nima? Egrilik radiusiga ta’rif bering.

9-ma’ruza. O’zaro ta`sirlashayotgan moddiy nuqtalar sistemasi (tizimi) dinamikasi. Harakat tenglamalari. Moddiy nuqta impulsi, energiyasi va impuls momenti saqlanish qonuni

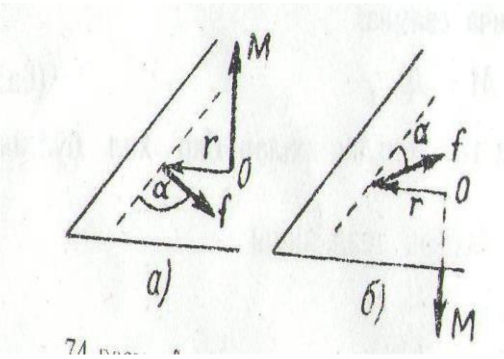
Reja:
1. Aylanish o’qiga ega bo’lmagan jism muvozanati.
2. Aylanish o’qiga ega bo’lgan jism muvozanati.

Tayanch so’z va iboralar. Absolyut qattiq jism, kuch momenti, kuch elkasi, inertsiya momenti, aylanma harakat, jismning inertsiya markazi.

Qo’zg’almas o’q atrofida aylanayotgan qattiq jisim inertsiya momenti faqat shu qattiq jisimning ayrim qisimlari bir-biri bilan mahkam biriktirilmagan holdagi o’zgarishi mumkin. Bu hol uchun (6a) formulani tadbiq qiqlib bo’lmaydi, chunki bu formula chiqarilayotganda kuchlarning bog’lanishi bo’yicha yo’nalgan tashkil etuvchilari bog’lanishlarining reaksiyalari bilan o’zaro muvozanatlashadi va ular qattiq jisimning ba’zi qisimlarining boshqalariga nisbatan siljitmaydilar deb hisoblangan edi.

Bi zyuqorida burchak tezlik ω va burchak tezlanish β vector sifatida qaralishi mumkin ekanini ko’rgan edik. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti ham vector sifatida qaralishi va (6a) tenglikni vector ko’rinishida yozish mumkin.

Biror **f** kuchni olib tekshiramiz (74-a Rasm), shu kuchning O nuqtaga nisbatan momentini aniqlaymiz.



Ravshanki momentning to'laharakteristikasi quyidagilardan iborat: 1) momentning son qiymati *fr*cos*α; 2)* ***f*** kuch bilan O nuqta yotgan tekislik; 3) kuch ta'sir qilayotgan yo'nalish. Agar biz biror **M** vector olib: 1) uning son qiymati uchun *fr*cos*α* ko'paytmani olsak, 2) uni **f** kuch bilan O nuqta yotgan tekislikka tik qilib o'tkazsak va 3) uning yo'nalishi kuchning yo;nalishi bilan qandaydir tarzda bir qiymatliravishda bog'lansa, kuch momentining yuqorida keltirilgan uch harakteristikasi shu *birgina **M** vector orqali* ifodalanishi mukin. Kuchning ***M*** vektorning yo'nalishi orasidagi bog'lanishni yana ,,parma qoidasi'' yordamida aniqlaymiz: agar O nuqtada joylashgan parma dastasi ta'sir qilayotgan kuchning yonalishida aylansa, parmaning ilgarilanma harakati yo'nalishi **M** vektorning yo'nalishini aniqlaydi .

74-rasm. **f** kuchning O nuqtaga nisbatan 74-a rasmda tasvirlangan holda **M** vector yuqoriga yo'nal-

momenti **M** vector orqali ifodalanadi. gan, 74-b rasmda tasvirlangan holda pastga yo'nalgan bo'-

ladi. **M** vector kuch momentining vektoridir.

Agar tekshirishga r va f vektorlar orasidagi <r, f burchakni kiritsak, α<r, f-π/2 bo'ladi; bundan f kuch momentining son qiymati

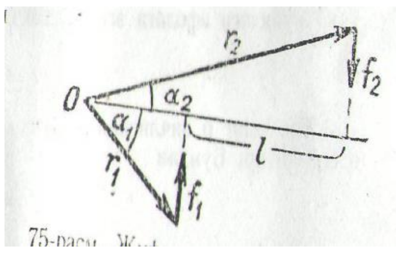
*M=fr*sin*α(*<r,f)

ekanini topamiz.

Demak, agar biz 13-paragrfda kiritilgan vector ko'paytma haqidagi tasavvurdan foydalansak, f kuchning momenti

M=rf (3a)

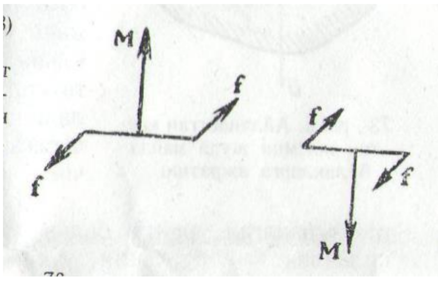
Vector ko'paytma haqidagi tasavvurdan foydalasak, f kuchning momenti vector ko'paytma bilan ifodalanadi, degan hulasaga kelamiz, bunda r moment olinayotgan f kuch qo'yilgan nuqtaga O nuqtadan (moment shu nuqtadan olinayotir) o'tkazilgan radius vektoridir.



Endi *juft kuchning* ko'rib chiqamiz. Juft kuch deb, bir to'g'ri Chiziq bo'yicha ta'sir qilmayotgan ikkita bir biriga teng va qarama qarshi yo'nalgan kuchlarga aytiladi (75-rasm). Juft kuchning kuchlar yotgan tekisligidagi biror O nuqtaga nisbatan momentini olamiz. *Juft kuchning momenti O nuqtaning qayerida joylashganligiga bog'liq emas.* Ihtiyoriy joylashgan O nuqtani olamiz (75-rasm). u holda f_1 kuchning O nuqtaga nisbatan momenti son jihatdan $f,r, cosa_1$ ga teng bo'lib, rasm tekisligiga tik ravishda old tomonga yo'nalgan bo'ladi.   75-rasm. juft kuchning O nuqtaga nisba-
f_2 kuchning momenti son jihatdan $f_2r_2\cos\alpha_2$ ga teng bo'lib , rasm   tan momenti u nuqtaning o'rniga bog'liq
tekisligiga tik ravishda orqa tomonga yo'nakgan. Shunday qilib,
emas.
$f_1r_1\cos\alpha_1$ va $f_2r_2\cos\alpha_2$ momentlar qarama qarshi tomonga yo'nalgan va demak, juft kuchni hosil qiluvchihar ikki kucjhninign natijaviy momenti

$$M= f_2r_2\cos\alpha_2 - f_1r_1\cos\alpha_1$$

bo'ladi. f_1 *va* f_2 kuchlar son jihatdan bir-biriga teng; ularning umumiy qiymatini f orqaliy, $r_2\cos\alpha_2 - r_1\cos\alpha_1$ ayi9rmasini esa l orqaliy belgilaymiz (l-kuchlar tasir qilayotgan to'g'ri chiziqlar orasidagi masofa dir), u xolda:



$$M=fl. \qquad (8)$$

l – juft kuch yelkasi deyiladi. Juft kuchning M momenti son jihatdan kuchlarning birining son qiymati f bilan juft kuch yelkasi ko'paytmasiga teng. Juft kuch momenti vektorining yo'nalishi juft kuchni tashkil qiluvchi kuchlarning yo'nalishi bilan   76-rasm. Juft kuching momenti M vektori orqali ifodalandi.
Parma qoidasi yordamida bog'langan (76-rasm).

Nazorat savollari

1. Absolyut qattiq jism deb nimaga aytiladi?
2. Kuch momenti qanday birliklarda ulchanadi?
3. Qattiq jism inertsiya markazi harakatini tushuntiring?
4. Aylanma harakat qanday sodir bo'ladi?]
6. Kuch momentining fizik mazmunini tushuntiring?
8. Kuch momentining yunalishi qanday usul bilan aniqlanadi?

Asosiy adabiyotlar:

1.Jearl Walker. Fundamental of Fhysics 2007, GERN. 1543p (154p)
2.Strelkov S.P. Mexanika-Toshkent, o'qituvchi, 1977.

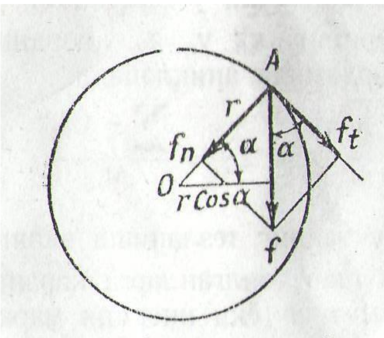
3.Sivuxin D.P. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Mexanika. Toshkent, o'qituvchi,1981 y.
4.Tursunmetov K.A., Daliev X. S. Mexanika. T. Universitet – 2000
5.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T., o'zbekiston, 1988 y.
6.Tursunmetov K.A. va b. Umumiy fizikadan praktikum. Mexanika. Universitet T. 2005 y.
7.Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. o'qituvchi. Toshkent-2001.

12-mavzu. Jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qonuni va uning tenglamasi. Impuls moment.

Reja:

1. Qattiq jismning ilgarilanma va aylanma harakati
2. Aylanma harakat qonuni va uning tenglamasi
3.Impuls moment.

Tayanch so'zlar va iboralar: Absolyut qattiq jism, tashqi kuchlar, chiziqli tezliklar, kinetik energiya, inersiya momenti, kuch momenti, burchak tezlanish, kuch impulsi, harakat miqdor momenti**.**



Qattiq jisimning aylanma harakatni dinamika nuqtai nazaridan tekshirilganda kuch tushunchasi bilan bir qatorda kuch momenti tushunchasi, massa tushunchasi bilan bir qatorda inertsiya momenti tushunchasi kiritiladi. Kuch momenti va inertsiya momenti tushunchalarini ma'zmunini tushuntirish uchun dastlab *r* radiusli aylanada qandaydir bog'lanish yordamida ushlab turiladigan *m* massali birgina A moddiy nuqtaning shu aylana bo'yicha harakatini tekshiramiz (72-rasm). A nuqtaga kattaligi o'zgarmas bo'lgan **f** kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin. U holda A nuqtaga o'zgarmas ω_t tangensial tezlanish oladi; bu tezlanishni kuchning f_t tangensial taskil etuvchisi vujudaga keltiradi:

$$f_t = f\cos\alpha = m\omega_t. \qquad (1)$$

f kuchning narmal tashkil etuvchisi bog'lanishning reaksiyasi bilan birga normal tezlanishini vujudga keltiradi.

$\beta = \omega_t/r$ burchak tezlanishini kiritsak, (1) tenglik quyidagicha yoziladi:

$$f\cos\alpha = mr\beta.$$

Bu tenglikni o'ng va chap tomonlarini *r* ga ko'paytirsak,

$$\boldsymbol{fr\cos\alpha = mr^2} \qquad (2)$$

bo'ladi. $\boldsymbol{R\cos\alpha}$ ko'paytma kuch yo'nalishiga O nuqtadan tushirilgan perpendikulyarning uzunligiga tengdir (72-rasm). *Kuchning f kattaligi bilan kuch yo'nalishiga O nuqtadan (*aylanish markazidan*) tushirilgan perpendikulyarning uzunligi* $\mathbf{r\cos\alpha}$ *ko'paytmasiga son jihatdan teng bo'lgan*

$$\mathbf{M} = \boldsymbol{fr\cos\alpha} \qquad \mathbf{(3)}$$

Kattalik kuchning O nuqtaga nisbatan momenti deyiladi.

A moddiy nuqtaning massasi m bo'lgan A nuqta va O nuqta (aylanish markazi) orasidagi masofa kvadratiga son jihatdan teng bo'lgan

$$\boldsymbol{I = mr^2} \qquad (4)$$

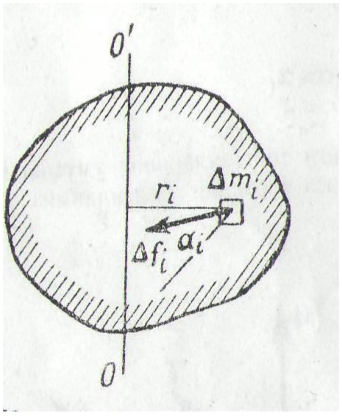
Kattalik A moddiy nuqtaning O nuqtaga nisbatan inertsiya momenti deyiladi.

(2) tenglikni kuch momenti M va inertsiya momenti I orqali qayta yozamiz:

$$\mathbf{M = I}\boldsymbol{\beta} \qquad (5)$$

(1) va (5) tengliklarni solishtirsak, $\boldsymbol{\omega_t}$ chiziqli tezlanish $\boldsymbol{f_t}$ kuch va A moddiy nuqtaning m massasi bilan qanday bog'langan bo'lsa $\boldsymbol{\beta}$ burchak tezlanish M kuch momenti va I inertsiya momenti bilan huddu shunday bog'langan ekanligini ko'ramiz. Aylanma harakat $\boldsymbol{\beta}$ burchak tezlanish yordamida bayon qilinganda kuchning rolini M kuch momenti bajaradi, m massaning rolini I inertsiya momenti bajaradi. Momentlar teng bo'lgan kuchlar ta'sirida A moddiy nuqta bir hil $\boldsymbol{\beta}$ burchak tezlanish oladi. Demak *har hil **f** kuchlar agar ularning momentlari teng bo'lsa birday aylanma harakatni vujudga keltirish ma'nosida ekvivalentdirlar.* Har hil moddiy nuqtalar, agar ularning inertsiya momentlari bir biriga teng bo'lsa bir hil kuch momentlari ta'sirida bir hil burchak tezlanish oladilar. *Demak, har hil m massali moddiy nuqtalar agar ularning inertsiya momentlari teng bo'lsa bir hil burchak tezlanish olishlari ma'nosida ekvivalentdirlar.*

Endi qo'zg'almas OO′ o'q atrofida aylanayotgan qattiq jisimni tekshirishga o'tamiz (73-rasm).



Kuchning berilgan o'q atrofida aylanish qobiliyatini harakterlash uchun *kuchning o'qqa nisbatan momenti* tushunchasi kiritiladi. Ravshanki o'q bilan kesishadigan yo'nalish bo'yicha ta'sir qiluvchi kuch shu o'q atrofida aylantira olmaydi. O'qqa parallel kuchning shu o’q atrofida aylantira olmasligi ham ravshan. *Kuchning o’qqa nisbatan momentini kuchning faqat o’qqa tik tekislikdagi tuzuvchisigina hosil qiladi.* Shuning uchu qattiq jismda Δm_i massali kichik bo’lakchani ajratib olib unga ta’sir qilayotgan kuchning faqat OO′ aylanish o’qiga tik tekislikdagi tuzuvchisigagina ahamiyat beramiz. Bu tuzuvchni Δf_i orqali belgilaymiz.

73-rasm. Aylanayotgan o’tkazilgan Qattiq jisimni juda mayday faraz qilaylik. α_i Bo’laklarga ajratish

Δf_i kuchi Δm_i massaning traektoriyasiga urinma bilan α_i burchak tashkil etadi deb burchakni o’tkir burchak deb hisoblaymiz. U holda bu Δm_i bo’lakcha uchu (2) tenglikni quyidagicha yozish mukin:

$$\Delta f_i r_i \cos\alpha_i = \Delta m_i r_i^2 \beta \ ;$$

Bunda β - Δm_i bo’lakchaning burchak tuzilishi.

Boshqa hamma bo’lakchlar uchun ham huddi shunday tengliklarni yozishimiz va so’ng ularni qo’shib chiqishimiz mukun.

$$\Sigma\Delta f_i r_i \cos\alpha_i = \Sigma\Delta m_i r_i^2 \beta$$

β burchak tezlanish hamma bo’lakchalar uchun umumiy bo’lgani sababli uni yig’indi belgisidan tashqariga chiqarish mumkin:

$$\Sigma\Delta f_i r_i \cos\alpha_i = \beta\Sigma\Delta m_i r_i^2. \qquad (6)$$

$M = \Sigma\Delta f_i r_i \cos\alpha_i$ kattalik qattiq jisimning hamma bo’lakchalariga ta’sir qilayotgan kuch momentlari yig’indisini ifodalaydi, ya’ni u qattiq jisimga ta’sir qilayotga \n kuchlarning OO◌́◌́◌́◌́◌́ o’qqa nisbatan olingan to’la momenti M ni ifodalaydi. Shu bilan birga, agar $\Delta \mathbf{f_i}$ kuch qo’yilgan nuqta o’q atrofida shu $\Delta \mathbf{f_i}$ kuch yo’nalishida aylanayotgan bo’lsa $\Delta f_i r_i \cos\alpha_i$ ko’paytma plyus ishora bilan, aks holda – minus ishora bolan olinishi kerak. Biz ajratgan ayrim bo’lakchalarning inertsiya momentlari yig’indisiga teng bo’lgan

$$I = \Sigma\Delta m_i r_i^2 \qquad (7)$$

Kattalik *jisimning* OO ◌́◌́◌́◌́◌́ *o’qqa nisbatan inertsiya momenti* deyiladi[1]. kuchlarning to’la momenti M va inertsiya momenti I orqali (6) tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$M = I\beta, \qquad (6a)$$

Ya’ni qattiq jisim uchun ham (5) tenglik bilan bir hil bo’lgan tenglikni yozishimiz mukin.

Qattiq jisimni olgan burchak tezlanishi

$$\beta = M/I,$$

ya’ni u, ta’sir qilayotgan kuch momenti M ga to’g’ri praportsiyonal va inertsiya momenti I ga teskari praportsiyonal bo’ladi. (6a) tenglikni Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalovchi (1) tenglik bilan taqqoslasak, qattiq jisimning qo’zg’almas o’q atrofida aylanishida Nyutonning ikkinchi qonuni bilan tamomila bir hil bo'lgan munosabat bor ekanligini ko'ramiz; farq faqat shundaki, chiziqli tezlanish rolini burchak tezlanish, kuch rolini kuch momenti va massa rolini inertsiya momenti bajaradi.

(6a) tenglikdan quyidagi natija kelib chiqadi; agar jisimga ta'sir qilayotgan kuch momenti nolga teng bo'lsa, burchak tezlanish ham nolga teng bo'ladi: $\beta=0$, ya'ni jisim o'zgarmas ω burchak tezlanish bilan aylanadi. Buning uchun jisimning inertsiya momenti I o'zgarmas bo'lishi kerak. Albatta $\omega=0$ bo'lgan hususiy holda jisim tinch holatida turadi.

---

[1]haqiqatdan massa bo'lakchalari cheksiz kichik qilib olinishi kerak. U holda yig'indilar integrallar bilan almashadi va jisimning inertsiya momenti uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$l=\int r^2 dm.$$

jisimning ρ zichligini kiritsak, $dm=\rho dV$ bo'ladi; bunda dV- hajm elementidir. Bundan

$$l=\int \rho r^2 dV, \tag{7a}$$

integrallash jisimning butun hajmi V bo'yicha bajarilishi kerak.

$$M=I\cdot\beta$$

M=0 bo'lganda, ya'niy qatiq jisimga tasir qilayotgan kuchlar momenti yo'q bo'lganda, $\beta = 0$ bo'ladi. Bu ω burchak tezlik vektori o'zgarmas demakdir, ya'niy qatiq jisim son qiymati o'zgarmaydigan burchak tezlikda aylanibgina qolmay, uning aylanish o'qi ham qo'zg'almas vaziyatiga ega bo'ladi.

2. Impuls momenti va uning o'zgarish qonuni. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi

Aytaylik, qattiq jism n-ta moddiy nuqtalardan iborat bo'lsin. Moddiy nuqta massalarini $m_1, m_2, ..., m_n$, ta'sir etuvchi tashqi kuchlarni $F_1, F_2, ... F_n$, aylanish o'qidan qattiq jismgacha bo'lgan masofalarni $r_1, r_2, ... r_n$, chiziqli tezliklarini $\vartheta_1, \vartheta_2, ..., \vartheta_n$ va burchak tezligini ω bilan belgilaylik. Moddiy nuqtalarga ta'sir etuvchi kuchlarni dinamikaning ikkinchi qonuniga asosan topib, so'ngra ularni yig'indisini olamiz:

$$\begin{aligned}
F_1 &= m_1\frac{d\vartheta_1}{dt} = m_1 r_1\cdot\frac{d\omega}{dt} = m_1 r_1\varepsilon,\\
F_2 &= m_2\frac{d\vartheta_2}{dt} = m_2 r_2\cdot\frac{d\omega}{dt} = m_2 r_2\varepsilon,\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
F_n &= m_n\frac{d\vartheta_n}{dt} = m_n r_n\cdot\frac{d\omega}{dt} = m_n r_n\varepsilon.
\end{aligned} \tag{5.14}$$

(5.14) - tenglamalar tizimining har ikki tomonlarini: r_1, r_2, ..., r_n ga ko‘paytiramiz va qo‘shamiz:

$$F_1r_1 + F_2r_2 + ... + F_nr_n = (m_1r^2_1 + m_2r^2_2 + ... + m_nr^2_n)\ \varepsilon \qquad (5.15)$$

yoki

$$M_1 + M_2 + ... + M_n = (J_1 + J_2 + ... + J_n)\ \varepsilon.$$

U holda

$$M_1 + M_2 + ... + M_n = M$$

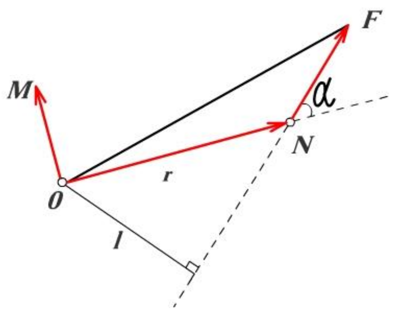
va

$$J_1 + J_2 + ... + J_n = J$$

deb belgilasak, 5.15-tenglikni:

$$M = J \cdot \varepsilon \qquad (5.16)$$

ko‘rinishda yozamiz. 5.16 - tenglik aylanma harakat uchun dinamikaning ikkinchi qonunini ifodalaydi. Bu tenglikka ko‘ra jismga qo‘yilgan aylantiruvchi *kuch momenti jismning inersiya momentini burchak tezlanishga ko‘paytirilganiga teng.* 5.16-tenglikdan ko‘rinadiki, aylantiruvchi moment hosil qilgan burchak tezlanish (ε) jismning inersiya momentiga bog‘lanib o‘zgaradi, ya’ni jismning inersiya momenti qancha katta bo‘lsa, burchak tezlanishi shuncha kichik bo‘ladi.



5.4 – rasm.

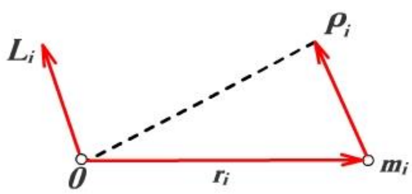
Qo‘zg‘almas O nuqtaga nisbatan F kuchning momenti deb, O nuqtadan F kuch qo‘yilgan N nuqtaga o‘tkazilgan r radius-vektor bilan shu kuchning vektor ko‘paytmasiga aytiladi:

$$\vec{M} = \left[\vec{r}\vec{F}\right]. \qquad (5.17)$$

M vektori r va F vektorlar tekisligiga o‘ng parma qoidasi bo‘yicha tik yo‘nalgan (5.4-rasm). Kuch momentining moduli

$$M = Fr \sin\alpha = Fl \qquad (5.18)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu erda α - r bilan F orasidagi burchak, l=r sinα - 0 nuqtadan F kuchning ta’sir chizig‘iga tushirilgan tik chiziqning uzunligi. Bunda l kattalik F **kuchning elkasi** deyiladi.



5.5-rasm.

Biz n moddiy nuqtadan tashkil topgan mexanik sistemani ko‘ramiz (xususan bu qattiq jism ham bo‘lishi mumkin, lekin biz hozircha bunday cheklashni qo‘ymaymiz).

Moddiy nuqtaning qo‘zg‘almas 0 nuqtaga nisbatan impuls momenti L_i - deb, moddiy nuqtaning 0 nuqtadan o‘tgan r_i - radius vektori bilan shu moddiy nuqtaning $R_i = m_i V_i$ - impulsining vektor ko‘paytmasiga aytiladi (5.5-rasm):

$$\vec{L_i} = \left[\vec{r_i} m_i \vec{V_i}\right] = \left[\vec{r_i}\vec{P_i}\right]. \qquad (5.19)$$

Mos xolda, **qo‘zg‘almas 0 nuqtaga nisbatan mexanik sistemaning impuls momenti** deb, sistemaning barcha moddiy nuqtalarining shu nuqtaga nisbatan impulc momentlarining geometrik yigindisiga teng bo‘lgan vektorga aytiladi:

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^{n} \vec{L_i} = \sum_{i=1}^{n} [\vec{r_i}\,\vec{P_i}]. \qquad (5.20)$$

(5.20) ifodani t vaqt bo‘yicha differensiyalaymiz:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\vec{P}_i] = \sum_{i=1}^{n}\frac{d}{dt}[\vec{r}_i\vec{P}_i] = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\,\frac{d\vec{p}_i}{dt}]$$

chunki, $\left[\frac{dr_i}{dt}\right] = [\vec{V}_i\vec{P}_i] = 0$.

(5.19) va (5.20) ifodalardan

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\,\vec{F_i}^{tash}] + \sum_{i=1}^{n}\left[\vec{r}_i\sum_{k=1}^{n}\vec{F_{ik}}\right] \qquad (5.21)$$

bo‘lishi kelib chiqadi.

Mexanik sistemaga ta’sir etuvchi hamma tashqi kuchlarning O nuktaga nisbatan momentlarning geometrik yigindisiga teng bo‘lgan vektor O nuqtaga nisbatan tashqi kuchlarning bosh momenti deyiladi.

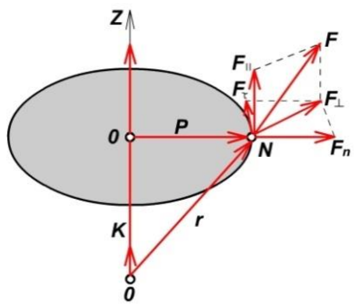
$$\vec{M}^{tash} = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\,\vec{F_i}^{tash}]. \qquad (5.22)$$

(5.21) tenglamaning o‘ng tomonidagi 0 nuqtaga nisbatan barcha ichki kuchlarning yig‘indisini ko‘rsatuvchi ikkinchi summa nolga teng ekanini ko‘rsatamiz.Bu summada F_{ir} va F_{ri} kuchlarning juft momentlari ishtirok etadi: $\vec{M_{ik}} = \left[\vec{r_i}\,\vec{F_{ik}}\right]$ va $\vec{M_{ki}} = \left[\vec{r_k}\,\vec{F_{ki}}\right]$ M_{ki} =[r_k F_{ki}].

Nyutonning uchinchi qonunidan

$$\vec{M_{ik}} + \vec{M_{ki}} = \left[\vec{r_i}\,\vec{F_{ik}}\right] + \left[\vec{r_k}\,\vec{F_{ki}}\right] = \left[\vec{r_i}\,\vec{F_{ik}}\right] - \left[\vec{r_k}\,\vec{F_{ik}}\right] = \left[\left(\vec{r_i} - \vec{r_k}\right)\vec{F_{ik}}\right]$$

bo‘lishi kelib chiqadi.



5.6-rasm.

5.6- rasmdan ko‘rinadiki, $\left(\vec{r_i} - \vec{r_k}\right)$ va $\overrightarrow{F_{ik}}$ vektorlar kollinear. Shuning uchun ularning vektor ko‘paytmalari nolga teng. Demak,

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\overrightarrow{M_{ik}} = \sum_{i=1}^{n}\left[\vec{r_i}\sum_{i=1}^{n}\overrightarrow{F_{ik}}\right] = 0, \qquad (5.23)$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \overrightarrow{M}^{tash} \qquad (5.24)$$

bo‘ladi.

(5.24) tenglama impuls momentining o‘zgarish qonunini ifodalaydi:

Qo‘zg‘almas nuqtaga nisbatan mexanik sistemaning impuls momentidan vaqt bo‘yicha olingan hosila, sistemaga ta’sir qiluvchi barcha tashqi kuchlarning o‘sha nuqtaga nisbatan bosh momentiga teng.

Mexanik sistemaning o‘qqa nisbatan impuls momenti deb, ko‘rilayotgan o‘qdan ixtiyoriy tanlangan nuqtaga nisbatan sistema impuls momenti vektorining shu o‘qqa proeksiyasiga aytiladi. Mos xolda, **o‘qqa nisbatan kuch momenti** deb, shu o‘qqa ixtiyoriy tanlangan nuqtaga nisbatan kuch momenti vektorining shu o‘qqa proeksiyasiga aytiladi.

O‘qda nuqtani tanlash shu nuqtaga nisbatan impuls momenti va kuch momenti qiymatlariga ta’sir qiladi, lekin shu bilan bir vaqtda o‘qqa nisbatan impuls va kuch momentlari qiymatiga hech qanday ta’sir qilmasligini isbot qilish mumkin.

(5.24) tenglamani markazi 0 nuqtada bo‘lgan to‘g‘ri burchakli dekart koordinata sistemasi o‘qlaridagi proeksiyalaridan

$$,\frac{d\vec{L}}{dt} = M_y^{tash}, \frac{d\vec{L}}{dt} = M_z^{tash} \qquad (5.25)$$

tenglamalarga ega bo‘lamiz.

(5.25) tenglamalardan ko‘rinadiki, qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan mexanik sistemaning impuls momentidan vaqt bo‘yicha olingan hosila sistemaga ta’sir qiluvchi barcha tashqi kuchlarning shu o‘qqa nisbatan bosh momentiga teng.

(5.24) tenglama qo‘zg‘almas 0 nuqtaga nisbatan L impuls va M^{tash} tashki kuch momenti uchun o‘rinli. Endi, L bilan A nuqtaga nisbatan erkin xolda harakatlanayotgan mexanik sistemaning L_A impuls momenti orasida qanday bog‘lanish borligini tushuntiramiz. L_A ni hisoblashda biz sistema moddiy nuqtalarining koordinata boshi 0 nuqtada bo‘lgan qo‘zg‘almas inersial sanoq sistemasiga nisbatan harakatiga mos keluvchi R_i impulslari qiymatlarini qo‘yamiz (ya’ni, L ni hisoblashda qanday bo‘lsa, o‘shandek). Bunda r_A-A nuqtaning K sanoq sistemasidagi radius-vektori bo‘lsin. U xolda A nuqtadan sistemaning birinchi nuqtasiga o‘tkazilgan radius-vektori $r'_i = r_i - r_A$ bo‘ladi. Shuning uchun

$$\overrightarrow{L_A} = \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\vec{P}_i] = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\vec{P}_i] - \left[\vec{r}_A\sum_{i=1}^{n}\vec{P}_i\right]$$

yoki

$$\overrightarrow{L_A} = \vec{L} - \left[\vec{r}_A\vec{P}\right] \qquad (5.26)$$

bo‘lishi kelib chiqadi. Bu erda R - sistemaning K sanoq sistemasiga nisbatan impulsi. Bu munosabatni differensiallab,

$$\frac{d\overrightarrow{L_A}}{dt} = \frac{d\vec{L}}{dt} - [\overrightarrow{V_A}\vec{P}] - \left[\overrightarrow{r_A}\frac{d\vec{P}}{dt}\right]$$

ifodani olamiz.

(5.24) ga binoan, $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}^{tash}$ bo‘lgani uchun yuqoridagi ifoda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d\overrightarrow{L_A}}{dt} = \frac{d\vec{L}}{dt} - [\overrightarrow{V_A}\vec{P}] - \left[\overrightarrow{r_A}\frac{d\vec{P}}{dt}\right]. \qquad (5.27)$$

A nuqtaga nisbatan tashqi kuchlarning momenti

$$M_A^{\grave{o}\grave{a}\o} = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}\,'\overrightarrow{F_i}^{tash}] = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}\,'\vec{F}_i^{tash}] - \left[\overrightarrow{r_A}\sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i^{tash}\right],$$

ya’ni,

$$\overrightarrow{M}_A^{tash} = \overrightarrow{M}^{tash} - [\overrightarrow{r_A}\overrightarrow{F}^{tash}] \qquad (5.28)$$

(5.24), (5.27) va (5.28) lardan

$$\frac{d\vec{L}_A}{dt} = \overrightarrow{M}^{tash} - [\vec{V}_A\vec{P}] \qquad (5.29)$$

kelib chiqadi.

Xususan, agar A nuqta sifatida sistemaning massa markazi olinsa, $V_A=V_c$ bo‘lib,
$[\vec{V}_c\vec{P}]=0$ bo‘ladi. Shuning uchun

$$\frac{d\overrightarrow{L_A}}{dt} = \overrightarrow{M}^{tash} \qquad (5.30)$$

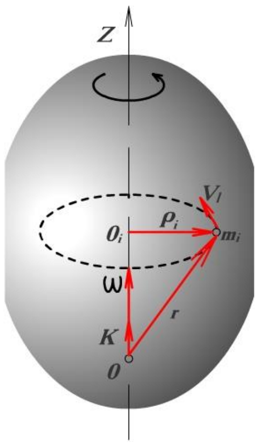
bo‘lishi kelib chiqadi.

Mexanik sistemaning massa markaziga nisbatan impuls momentidan vaqt bo‘yicha olingan hosila, sistemaga ta’sir etuvchi barcha tashqi kuchlarning o‘sha nuqtaga nisbatan bosh momentiga teng.

Ko‘rsatish mumkinki, hisoblashda teng xuquqli ravishda sistema barcha nuqtalarining K qo‘zg‘almas sanoq sistemasidagi yoki unga nisbatan massa markazi tezligi bilan ilgarilanma harakatlanayotgan sanoq sistemasidagi harakatlarining impulslarini olish mumkin. Haqiqatdan ham, $r_i' = r^*{}_i = r_i - r_c$ va $v^*{}_i = v_i - v_c$ belgilaridan foydalanib,

$$L = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i^{\,*} \vec{P}_i] = \sum_{i=1}^{n}[m_i \vec{r}_i^{\,*} (\vec{v}_i^{\,*} + \vec{v}_c)] = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i^{\,*} \vec{P}_i^{\,*}] + m[\vec{r}_c^{\,*} \vec{v}_c] = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i^{\,*} \vec{P}_i^{\,*}]$$

formulani olamiz, chunki $r_c^* = 0$.



5.7-rasm.

Dekart koordinatalar sistemasini shunday joylashtiramizki, OZ o‘q jismning aylanish o‘qi bilan mos tushsin, uning k orti esa jismning burchakli tezligi bilan bir xil yo‘nalsin (5.7-rasm). Bunda $\varpi = \omega_z \vec{k}$, bu erda $\omega_z = \omega > 0$.

Qo‘zg‘almas OZ o‘q atrofida aylanuvchi jism dinamikasining tenglamasi

$$\frac{dL_Z}{dt} = M_Z{}^{tash} \tag{5.31}$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Aylanuvchi jismning o‘qqa nisbatan impuls momenti bilan burchakli tezlik orasidagi bog‘lanishni topamiz. 5.7-rasmdan ko‘rinadiki, jism tarkibiga kiruvchi m_i massali moddiy nuqtaning radius-vektori $\vec{r}_i = \overrightarrow{OO_i} + \vec{\rho}_i$ bo‘ladi, bunda 0_i -tekshirilayotgan moddiy nuqta harakatlanayotgan ρ_i radiusli aylananing markazi. Koordinata boshi 0 ga nisbatan jismning impuls momenti

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i m_i \vec{v}_i] = \sum_{i=1}^{n}[(\vec{O}\vec{O} m_i \vec{v}_i] + \sum_{i=1}^{n}[\vec{\rho}_i m_i \vec{v}_i].$$

Vektor $\left[\overrightarrow{OO_i} m_i \vec{v}_i\right]$ OZ o‘qiga tik, vektor $\left[\vec{\rho}_i m_i \vec{v}_i\right]$ esa OZ o‘q bo‘ylab yo‘nalgan. Shunday qilib,

$$L_Z = \sum_{i=1}^{n} m_i \rho_i^{\,2} \omega_z. \tag{5.32}$$

Mexanik sistemani tashkil qiluvchi hamma moddiy nuqta m_i massalarining aylana o‘qidan ulargacha bo‘lgan ρ_i masofaning kvadratiga ko‘paytmasining yig‘indisiga teng bo‘lgan J kattalik sistemaning shu o‘qqa nisbatan inersiya momenti deyiladi:

$$J = \sum_{i=1}^{n} m_i \rho_i^{\,2}. \tag{5.33}$$

Shunday qilib, jismning OZ o‘qqa nisbatan impuls momenti

$$L_z = J\omega_z \qquad (5.34)$$

bo‘ladi. Bu erda J jismning OZ aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti. (5.34) ni differensiallab, quyidagi shaklda qayta yozishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dt}(J\omega_z) = M^{tash} \qquad (5.35)$$

Agar jism aylanish jarayonida deformatsiyalanmasa, uning inersiya momenti o‘zgarmaydi va (5.35) da uni diferentsial belgisi ostidan chiqarish mumkin:

$$J\frac{d\omega_z}{dt} = M_z^{tash}$$

yoki

$$J\varepsilon_z = M_z^{tash} \qquad (5.36)$$

bu erda $\varepsilon_z = d\omega_z/dt$ - burchakli tezlanish vektorining OZ aylanish o‘qiga proeksiyasi.

(5.36) dan ko‘rinadiki, ε_z inersiya momenti J ga teskari proporsional . Demak, jismning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti uning shu o‘q atrofida aylanishidagi jism inertligining o‘lchovidir.

Imuls momentining saqlanish qonuni.

Ilgarilanma harakatda jism massasi qanday rol o‘ynasa, aylanma harakatda inersiya momenti jism inertligini ifodalaydi va jism massasi vazifasida keladi. Bu ikki kattalik (J va m) o‘rtasidagi farq shundan iboratki, aylanma harakatda bo‘lgan jism turlicha aylanish o‘qlariga ega bo‘lishi va turlicha qiymatlar qabul qilishi mumkin. Agar jismni aylantiruvchi kuch momenti va inersiya momenti o‘zgarmas kattalikka teng bo‘lsa, shuningdek, jism burchak tezligi t vaqt ichida ω_o dan ω gacha o‘zgarsa, 7.16-tenglikni:

$$M = J\frac{\omega - \omega_o}{t} \quad \text{yoki} \quad Mt = J\omega - J\omega_o \qquad (7.17)$$

kabi yozamiz. 7.17 - tenglikda Mt - kuch momenti impulsi, $J\omega$ - harakat miqdor momenti. 7.17 - ga ko‘ra *vaqt birligi ichida kuch momenti impulsining o‘zgarishi harakat miqdor momentining o‘zgarishiga teng ekan.*

Yopiq tizim ichidagi aylanma harakatdagi jismlar uchun (M = 0) harakat miqdor momentining saqlanish qonunining ifodasi:

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 + \ldots + J_n\omega_n = \text{const} \qquad (7.18)$$

7.18 - tenglikka ko‘ra yopiq tizimdagi jismlarning harakat miqdor momentlarining yig‘idisi o‘zgarmas miqdorga teng. Agar yopiq tizim bitta jismdan iborat bo‘lsa, 7.18 - tenglik:

$$J\,\omega = \text{const} \qquad (7.19)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. 7.19-tenglikdan *jismning inersiya momenti o‘zgarsa, uning burchak tezligi ham o‘zgarishi kelib chiqadi.* Masalan, J ko‘paysa ω ozayadi va aksincha. Bunday holni Jukovskiy o‘rindiqida (skamyasida) namoyish qilish mumkin. Odam qo‘lini yozib o‘rindiq (skamya) bilan birga aylanadi va tezda tushiradi. Bunday holda odamni inersiya momenti (J) kamayib burchak tezligi (ω) ortadi. Shuningdek, harakat miqdor momentining saqlanish qonunini "giroskop" deb ataluvchi asboblarda kuzatish mumkin.

Energiya, impuls va impuls momentining saqlanish qonuni – fazo va vaqt simmetriyasining natijasi.

Fazo va vaqtning simmetriyasi deganimizda vaqtning bir jinsliligi, fazoning esa bir jinsliligi va uning izotropligi tushuniladi. Bu tushunchalar kiritilishi bilan vaqtning bir jinsliligi, fazoning esa bir jinsliligi va izotropligini qanday tasavvur qilish mumkin, degan savolning tug‘ilishi tabiiydir.

Vaqtning bir jinsliligi – o‘tayotgan vaqtning turli paytlari bir-biridan farq qilmaydi demakdir. Shu boisdan, ko‘pincha, vaqtning barcha paytlari o‘zaro muqobil, ya’ni ular teng xuquqli degan ibora qo‘llaniladi.

Misol: ba’zi bir tajriba natijalari biror vaqt o‘tgandan keyin qayta tekshirilib ko‘riladi va ko‘pincha bir hil natija olinadi. Demak, vaqtning bir jinsliligi turli paytlarda o‘tkazilgan tajriba natijalarini taqqoslab ko‘rishga imkon beradi.

Fazoning bir jinsliligi deganimizda uning barcha nuqtalari bir-biriga muqobil ekanligi tushiniladi, ya’ni fazoning hamma nuqtalarining fizik hususiyatlari bir hil. Amaliy jixatdan fazoning bir jinsliligi shunda namoyon bo‘ladiki, jismlarning o‘zaro joylashishlari va tezliklarini o‘zgartirmasdan berk tizimni bir joydan ikkinchi joyga ko‘chirsak, uning hususiyatlari va harakat qonunlari o‘zgarmaydi: avvalgi joyida sodir bo‘ladigan hodisa bir hil sharoit yaratilganda fazoning ikkinchi joyida ham o‘zgarishsiz takrorlanadi. Bu natija fazoning barcha nuqtalarining hususiyatlari bir xil ekanligining isboti, ya’ni fazoning bir jinsliligini namoyon bo‘lishi demakdir.

Fazoning izotropligi shuni bildiradiki, undagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan olingan barcha yo‘nalishlarning hususiyatlari bir-biridan farq qilmaydi, ya’ni fazoda qaysi yo‘nalishni olib qaramaylik, ular bir-biriga muqobil. Mazkur muqobillik shunda nomoyon bo‘ladiki, bir hil sharoit yaratilganda jismlardan tashkil topgan berk tizimni (tadqiqot qurilmalarini, o‘lchash asboblarini, laboratoriyani va boshqalarni) istalgan burchakka burilsa, bu burish barcha kelgusi hodisalarining borishiga ta’sir etmaydi.

a) Energiyaning saqlanish qonuni – vaqt bir jinsliligi natijasi.

Vaqtning bir jinsliligi, fazoning bir jinsliligi va izotropligini bilib olganimizdan so‘ng mexanikada energiya saqlanish qonunini isbot qilishga kirishamiz. Ma’lumki, mexanik sistema ustida bajarilgan ish kinetik energiyaning orttirmasiga teng, ya’ni

$$A_{12} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2} = E_2 - E_1 \qquad (7.20)$$

Navbatdagi mulohaza faqat bitta moddiy nuqtaga tegishli bo‘lib, moddiy nuqtalar tizimi uchun ham shunday yo‘l to‘g‘ri bo‘ladi. Potensial funktsiya u ning o‘zi koordinatagagina emas, balki vaqtga ham bog‘liq u=u(x,y,z,t). Potensial maydonda moddiy nuqtani ko‘chirishda bajarilgan ish quyidagi integral ko‘rinishda ifodalanadi:

$$A_{12} = -\int\left(\frac{\partial u}{\partial x}dx + \frac{\partial u}{\partial y}dy + \frac{\partial u}{\partial z}dz\right)$$

bunga $\frac{\partial u}{\partial t}dt$ ni qo‘shib va ayirib bajarilgan ishni topamiz:

$$A_{12} = -\int du + \int \frac{\partial u}{\partial t}dt$$

Integrallashdan so‘ng

$$A_{12} = u_1 - u_2 + \int \frac{\partial u}{\partial t}dt \qquad (7.21)$$

ifodani hosil qilamiz.
7.20 va 7.21 dan

$$E_2 - E_1 = u_1 - u_2 + \int \frac{\partial u}{\partial t}dt$$

yoki

$$(E_2 + u_2) - (E_1 + u_1) = \int \frac{\partial u}{\partial t}dt \quad . \qquad (7.22)$$

Biz bu xulosalarda vaqtning bir jinsliligi xossasidan va sistemaning berk tizimliligi shartidan foydalanmadik, Shuning uchun bu muloxazalar berk bo‘lmagan tizimlar uchun ham o‘rinlidir.

Faraz qilaylik, tizim berk tizim bo‘lsin, unda vaqtning bir jinsliligi uchun U funktsiya vaqtga oshkor bog‘liq bo‘lmaydi, ya‘ni $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$.

Natijada

$$E_1 + u_1 = E_2 + u_2 \qquad (7.23)$$

Bu tenglama mexanikada energiya saqlanish qonunini ifodalaydi.
Bu qonunning asosida vaqtning bir jinsliligi yotadi. Chunki ana shu xususiyat tufayli berk tizimdagi jarayonlarni sodir bo‘lish qonuniyati bu jarayonlarni vaqt bo‘yicha boshqa paytga ko‘chirilganda ham o‘zgarmaydi.

***b*). Impuls saqlanish qonuni – fazo bir jinsliligi natijasi**

Endi impulsning saqlanish qonunini isbotlaymiz. Faraz qilaylik, berk mexanik tizim berilgan bo‘lsin. Tizimga ta’sir qiluvchi kuchlar F_1, F_2, F_3, … ichki kuchlardan iborat bo‘lsin.

Tizimni 1 ixtiyoriy holatdan boshqa bir 2 ixtiyoriy holatga o‘tkazamiz. Unda tizimni tashkil qilgan barcha moddiy nuqtalar bir hil masofaga siljisin va ularning tezliklari yo‘nalish va miqdor jixatidan o‘zgarmay qolsin. Fazoning bir jinsligi sababli bunday siljishda ish bajarilmaydi: $(\mathbf{F_1} + \mathbf{F_2} + \mathbf{F_3}) \cdot \mathbf{r} = 0$.

Demak, bu ish r ko‘chish qanday bo‘lishidan qat’iy nazar nolga teng bo‘ladi. Bundan berk tizim uchun $\mathbf{F_1} + \mathbf{F_2} + \ldots = 0$ ekanligi kelib chiqadi. Bu xulosa Nyutonning II –qonunidan kelib chiqadigan impuls saqlanish qonunini ifodalaydi, ya’ni

$$d\mathbf{R} = 0 \text{ yoki } \mathbf{R} = \text{const} \quad . \qquad (7.24)$$

Demak, impulsning saqlanish qonuni fazoning bir jinsligi natijasidir, chunki fazoning ana shu xususiyati tufayli berk tizim bir butun holda ko‘chirilganda ham uning impulsi o‘zgarishsiz saqlanadi.

v). Impuls momentining saqlanish qonuni bilan fazoning izotropligi orasidagi bog‘lanish.

Impuls momentining saqlanish qonuni ham berk tizim uchun xuddi impulsning saqlanish qonuni kabi isbotlanadi. Fazoning izotropligidan foydalanib tizimga ta’sir qiluvchi ichki kuch momentlarining geometrik yig‘indisi nolga teng ekanligini isbotlash mumkin:

$$\mathbf{M_1} + \mathbf{M_2} + \ldots = 0 \qquad (7.25)$$

Bundan to‘g‘ridan-to‘g‘ri

$$d\mathbf{L} = 0 \text{ yoki } \mathbf{L} = \text{const} \qquad (7.26)$$

ekanligi kelib chiqadi. Bundan ko‘rinadiki, berk tizim impuls momentining saqlanish qonuni fazoning izotropligi natijasidir. Chunki fazoning ana shu hususiyatiga ko‘ra berk tizim butun holatda biror burchakka burilganda berk tizimning impuls momenti o‘zgarmaydi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Moddiy nuqta inersiya momenti deb nimaga aytiladi va qanday birliklarda ifodalanadi?
2. Ilgarilanma harakatdagi jism massasi bilan aylanma harakatdagi jism inersiya momenti o‘rtasida qanday farq bor?
3. Aylanma harakat uchun dinamika ikkinchi qonuni ifodasini yozing va tushuntiring.
4. Yopiq mexanik tizim uchun harakat miqdor momentining saqlanish qonunini ta’riflang.
5. Harakat miqdor momenti deb nimaga aytiladi?
6. Aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi qanday ifodalanadi?
7. Shteyner teoremasini ta’riflang.
8. Impuls momenti qanday aniqlanadi?
9. Ilgarilanma va aylanma harakatni aniqlovchi fizik kattaliklarni o‘zaro solishtirib izohlang.

Asosiy adabiyotlar:

1.Jearl Walker. Fundamental of Fhysics 2007, GERN. 1543p (154p)
2.Strelkov S.P. Mexanika-Toshkent, o'qituvchi, 1977.
3.Sivuxin D.P. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Mexanika. Toshkent, o'qituvchi,1981 y.
4.Tursunmetov K.A., Daliev X. S. Mexanika. T. Universitet – 2000
5.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T., o'zbekiston, 1988 y.
6.Tursunmetov K.A. va b. Umumiy fizikadan praktikum. Mexanika. Universitet T. 2005 y.
7.Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. o'qituvchi. Toshkent-2001.

10MAVZU: VIRIAL TIG'RISIDAGI TEOREMA. IKKI JISM MASALASI.

Ma'lumki, erksiz mexanik sistema nuqtalarining ko`chishi ixtiyoriy bo`lmay, biror sabab bilan chegaralangan. Bu shuni ko`rsatadiki, sistema nuqtalarining hamma koordinatalari erkin ravishda o`zgara olmaydi; bunday koordinatalar erksiz koordinatalar deb ataladi. Bu holda sistema holati uning erkin koordinatalarining holati orqali aniqlanadi. Erksiz koordinatalar esa bog`lanish tenglamasidan topiladi.

Faraz qilaylik, sistema $M_1, M_2, \ldots, M_n$ nuqtalardan tashkil topgan bo`lib, unga $s$ ta golonom bog`lanish qo`yilgan:

$$f_i(x_1, y_1, z_1; \ldots; x_n, y_n, z_n) = 0 \quad , \quad (i = 1, s).$$

Demak, sistema nuqtalarining $3n$ ta koordinatalari orasida s ta bog`lanish bor, ya'ni s ta koordinata erksiz. Sistema nuqtalarining erkin koordinatalar soni esa $k = 3n - s$ ta koordinata orqali aniqlanadi.

Golonom bog`lanishdagi sistema holatini bir qiymatli aniqlovchi, bir-biriga bog`liq bo`lmagan parametrlar soni sistemaning erkinlik darajasi deyiladi.

Masalan, 195-rasmda tasvirlangan krivoship-shatunli mexanizmini olsak, uning holatini x_2 yoki x_3, yoki y_2 orqali aniqlash mumkin. Agar mexanizmning holati x_2 orqali aniqlansa, x_3 va y_2 lar (107.5) tenglamadan topiladi. Mexanizm holatini aniqlovchi parametr deb, *OA* krivoship burilish burchagi φ ni ham olish mumkin. Demak, bu mexanizmning erkinlik darajasi birga teng.

*Sistemaning fazodagi holatini bir qiymatli aniqlaydigan bir-biriga bo`g`liq bo`lmagan parametrlar umumlashgan koordinatalar deyiladi va ular* $q_1, q_2, \ldots, q_k$ bilan belgilanadi. Shuni ta'kidlash kerakki, umumlashgan koordinatalarning o`lchov birligi turlicha (masalan, metr, radian, m^2 , m^3)

tanlanadi. 195- rasmda tasvirlangan krivoship shatunli mexanizm holatini bitta umumlashgan koordinata $q = \varphi$ orqali aniqlash mumkin.

Demak, golonom bog`lanishdagi sistemaning erkinlik darajasi uning umumlashgan koordinatalari soniga teng bo`ladi. Biz faqat golonom bog`lanishdagi sistemani ko`rib chiqamiz.

Agar sistemaga μ ta begolonom bog`lanish qo`yilgan bo`lsa, uning umumlashgan koordinatalari orasida ma'lum munosabat bo`ladi. Bunday sistemaning erkinlik darajasi $3n - s - \mu$ ta bo`ladi.

Faraz qilaylik, golonom statsionar bog`lanishdagi mexanik sistema $n$ ta nuqtadan tashkil topgan bo`lib, uning erkinlik darajasi k ga teng bo`lsin. Bu golonom sistemaning umumlashgan koordinatalarini $q_1, q_2, \ldots, q_k$ desak, tekshirayotgan sistema nuqtalarining radius-vektorlari yoki Dekart o`qlaridagi koordinatalarini umumlashgan koordinatalar orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\vec{r}_\nu = \vec{r}_\nu (q_1, q_2, \ldots, q_k); \qquad (108.1)$$

$$\begin{cases} x_\nu = x_\nu (q_1, q_2, \ldots, q_k), \\ y_\nu = y_\nu (q_1, q_2, \ldots, q_k), \\ z_\nu = z_\nu (q_1, q_2, \ldots, q_k). \end{cases} \qquad (108.2)$$

Golonom mexanik sistemaning harakat tenglamalarini umumlashgan koordinatalar orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$q_1 = q_1(t), \; q_2 = q_2(t), \ldots, q_k = q_k(t). \qquad (108.3)$$

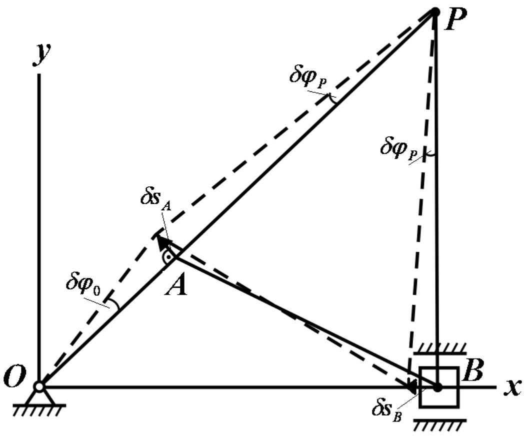
Umumlashgan koordinatadan vaqt bo`yicha olingan birinchi tartibli hosila umumlashgan tezlik, ikkinchi tartibli hosila esa umumlashgan tezlanish deyiladi va ular quyidagicha yoziladi:

$$\dot{q}_j = \frac{dq_j}{dt} \quad , \quad \ddot{q}_j = \frac{d^2 q_j}{dt^2} \qquad (108.4)$$

Umumlashgan tezlikning o`lchov birligi umumlashgan koordinata o`lchov birligining vaqt birligi nisbatiga teng.

Mumkin bo`lgan ko`chish. Mumkin bo`lgan ko`chishdagi ish. Ideal bog`lanishlar

Sistemaga qo`yilgan bog`lanishlar shartlarini qanoatlantiruvchi har qanday cheksiz kichik ko`chishlar to`plami mumkin bo`lgan ko`chishlar deyiladi va ular $\delta r, \delta\varphi, \delta x, \delta s, \delta q$ ko`rinishda ifodalanadi.



200 -rasm

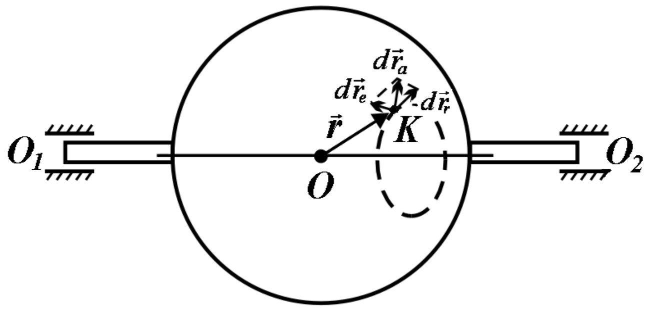
Masalan, OAB krivoship-shatunl mexanizmidagi B polzunning mumkin bo`lgan ko`chishi uning gorizontal bo`ylab $\delta s_B$ cheksiz kichik ko`chishdir (200-rasm). OA krivoship A nuqtasining mumkin bo`lgan ko`chishi OA ga tik bo`lgan $\delta s_A$ cheksiz kichik ko`chishdan iborat; OA krivoshipning mumkin bo`lgan ko`chishi esa uning O atrofida $\delta\varphi_O$ cheksiz kichik burchakka burilishidir. AB shatunning mumkin bo`lgan ko`chishi P oniy markaz atrofida $\delta\varphi_P$ burchakka burilishidan iborat.

Statsionar bog`lanishdagi sistemaning haqiqiy ko`chishi biror mumkin bo`lgan ko`chish bilan ustma-ust tushadi. Agar sistemaga nostatsionar bog`lanish qo`yilgan bo`lsa, sistema nuqtasining haqiqiy ko`chishi birorta ham mumkin bo`lgan ko`chish bilan ustma-ust tushmasligi mumkin.

Masalan, O_1O_2 o`q atrofida aylanuvchi disk radiusi bo`ylab harakatlanayotgan K nuqtaning haqiqiy ko`chishini tekshiraylik (201-rasm). $K$ nuqtaning haqiqiy ko`chishi quyidagicha bo`ladi:

$$d\vec{r}_a = d\vec{r}_r + d\vec{r}_e .$$

Bunda K nuqtaning nisbiy harakatidagi haqiqiy ko`chishini uning mumkin bo`lgan ko`chishi $\delta\vec{r} = d\vec{r}_r$



201-rasm

orqali ifodalash mumkin.Binobarin, bu holda haqiqiy ko`chish bilan mumkin bo`lgan ko`chish ustma-ust tushmaydi.

Sistema biror nuqtasiga qo`yilgan kuchning shu nuqtaning mumkin bo`lgan ko`chishidagi ishi kuch vektori bilan mumkin bo`lgan ko`chish vektorining skalyar ko`paytmasiga teng, ya’ni

$$\delta A = \vec{F}\delta\vec{r} .$$

δA ni qisqacha kuchning mumkin bo`lgan ishi deyish mumkin.

Agar sistemaga bir qancha kuchlar ta’sir etayotgan bo`lsa, ularning mumkin bo`lgan ishlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\delta A = \sum \vec{F}_\nu \, \delta\vec{r}_\nu \qquad (109.1)$$

yoki

$$\delta A = \sum (F_{\nu x}\,\delta x_\nu + F_{\nu y}\,\delta y_\nu + F_{\nu z}\,\delta z_\nu) \qquad (109.2)$$

Sistemaga qo`yilgan bog`lanishlar reaksiya kuchlarining sistemaning mumkin bo`lgan ko`chishlaridagi ishlarining yig`indisi nolga teng bo`lsa, bunday bog`lanishlar *ideal bog`lanishlar* deb ataladi. Sistema nuqtalariga qo`yilgan bog`lanishlar reaksiya kuchlarini $\vec{N}_\nu$ bilan belgilasak, ideal bog`lanishlarni quyidagicha yozish mumkin:

$$\sum \vec{N}_\nu \, \delta \vec{r}_\nu = 0 . \qquad (109.3)$$

Umumlashgan kuch

Ma'lumki, sistemaga qo`yilgan kuchlarning sistema mumkin bo`lgan ko`chishlaridagi ishlarini yig`indisi (109.1) formuladan aniqlanadi. (109.1) ifodada (108.1) ni nazarda tutsak, sistema M_ν nuqtasining mumkin bo`lgan ko`chishi $\delta \vec{r}_\nu$ umumlashgan koordinatalar orqali quyidagicha yoziladi:

$$\delta \vec{r}_\nu = \sum_{j=1}^{k} \frac{\partial \vec{r}_\nu}{\partial q_j} \delta q_j . \qquad (110.1)$$

(110.1) ni (109.1) ga qo`yamiz:

$$\delta A = \sum_{j=1}^{k} \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \frac{\partial \vec{r}_\nu}{\partial q_j} \delta q_j . \qquad (110.2)$$

Quyidagicha belgilash kiritamiz:

$$Q_j = \sum_{\nu=1}^{n} \vec{F}_\nu \frac{\partial \vec{r}_\nu}{\partial q_j} . \qquad (110.3)$$

(110.3) belgilashga ko`ra (110.2) ifoda

$$\delta A = \sum_{j=1}^{k} Q_j \, \delta q_j \qquad (110.4)$$

ko`rinishni oladi.

(110.3) tenglik bilan aniqlanuvchi Q_j ifoda q_j umumlashgan koordinataga mos keluvchi *umumlashgan kuch* deb ataladi.

Umumlashgan kuchni hisoblashda quyidagi usuldan ham foydalaniladi. Bunda Q_j umumlashgan kuchni hisoblash uchun mumkin bo`lgan ko`chishlar shunday tanlanadiki, faqat Q_j ga mos kelgan umumlashgan koordinata q_j o`zgaradi, boshqa umumlashgan koordinatalar bo`yicha mumkin bo`lgan ko`chish nolga teng deb qaraladi va bu ko`chishdagi mumkin bo`lgan ish hisoblanadi.

$$(\delta A)_j = Q_j \, \delta q_j .$$

U holda:

$$Q_j = \frac{(\delta A)_j}{\delta q_j} . \qquad (110.5)$$

Shuningdek, umumlashgan kuchni analitik usulda quyidagicha hisoblash mumkin:

$$Q_j = \sum_{\nu=1}^{n} \left(F_{\nu x} \frac{\partial x_\nu}{\partial q_j} + F_{\nu y} \frac{\partial y_\nu}{\partial q_j} + F_{\nu z} \frac{\partial z_\nu}{\partial q_j} \right) .$$

(110.6)

(110.5) dan ko`ramizki, umumlashgan kuchning o`lchovi ish o`lchov birligining umumlashgan koordinata o`lchov birligiga bo`linganiga teng. Agar umumlashgan koordinata uzunlik birligida o`lchansa, umumlashgan kuch Nuytonda ifodalanadi, umumlashgan koordinata uchun burchak olinsa, umumlashgan kuch birligi kuch momentining birligi Nm dan iborat.

Sistemaga ta'sir etuvchi kuchlar potensialli bo`lganda umumlashgan kuch qanday hisoblanishini ko`ramiz.

Sistemaga ta'sir etuvchi kuchlar potensialli bo`lsa,

$$\delta A = \delta U(x_1, y_1, z_1; \ldots; x_n, y_n, z_n) \; . \tag{110.7}$$

(108.2) formulaga asosan:

$$U = U(q_1, q_2, \ldots, q_k) \, .$$

Shuning uchun (110.7) ni quyidagi ko`rinishda yozish mumkin:

$$\delta A = \frac{\partial U}{\partial q_1}\delta q_1 + \frac{\partial U}{\partial q_2}\delta q_2 + \cdots + \frac{\partial U}{\partial q_k}\delta q_k \; . \tag{110.8}$$

(110.4) bilan (110.8) ni taqqoslasak:

$$Q_1 = \frac{\partial U}{\partial q_1}, Q_2 = \frac{\partial U}{\partial q_2}, \cdots, Q_k = \frac{\partial U}{\partial q_k}$$

yoki

$$Q_j = \frac{\partial U}{\partial q_j} \quad , \quad (j = \overline{1,k}) \tag{110.9}$$

kelib chiqadi.

Biroq sistema potensial energiyasi $\Pi = -U$ bo`lgani uchun umumlashgan kuch potensial energiya orqali quyidagicha ifodalanadi:

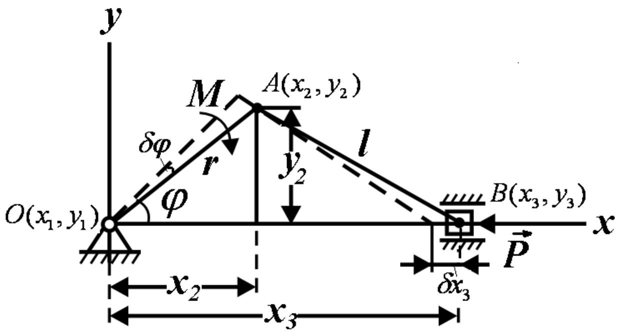
$$Q_j = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_j} \; . \tag{110.10}$$

72- masala. 202-rasmda ko`rsatilgan krivoship-shatunli mexanizmining $B$ polzuniga $\vec{P}$ kuch ta'sir qiladi. $OA$ krivoshipga esa $M$ moment qo`yilgan. Sharnirlardagi hamda polzundagi ishqalanish hisobga olinmay, φ ni umumlashgan koordinata deb olib umumlashgan kuch aniqlansin. Krivoship uzunligi $OA=r$, shatun uzunligi $AB=l$.

Yechish. Sistemaga qo`yilgan kuchlarning sistemaning mumkin bo`lgan ko`chishidagi ishi quyidagicha bo`ladi:

$$\delta A = P\delta x_3 - M\delta\varphi \; . \tag{110.11}$$

Rasmdan:



202-rasm

$$x_2 = r\cos\varphi\,,$$
$$y_2 = r\sin\varphi\,,$$
$$x_3 = x_2 + \sqrt{l^2 - y_2^2} = \qquad (110.12)$$
$$= r\cos\varphi + \sqrt{l^2 - r^2\sin^2\varphi}\,.$$

(110.12) dan:

$$\delta x_2 = -r\sin\varphi\,\delta\varphi\,,\ \delta y_2 = r\cos\varphi\,\delta\varphi\,,$$

$$\delta x_3 = -\left(r\sin\varphi + \frac{r^2\sin 2\varphi}{2\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\varphi}}\right)\delta\varphi\,. \qquad (110.13)$$

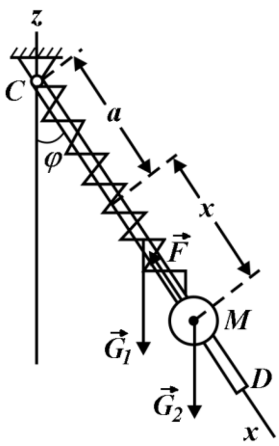
(110.13) ni (110.11) ga qo`yamiz:

$$\delta A = \left(P\,r\sin\varphi + \frac{P\,r^2\sin 2\varphi}{2\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\varphi}} - M\right)\delta\varphi\,.$$

(110.5) formulaga asosan umumlashgan koordinata φ ga mos keluvchi umumlashgan kuch quyidagicha bo`ladi:

$$Q = P\,r\sin\varphi + \frac{P\,r^2\sin 2\varphi}{2\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\varphi}} - M\,.$$

73-masala. Og`irligi $G_1$ ,uzunligi $l$ bo`lgan bir jinsli CD sterjen C o`q atrofida vertikal tekislikda aylana oladi. Sterjenga og`irligi G_2 bo`lgan sharcha o`tqazilgan bo`lib, u bikirligi $c$ bo`lgan prujinaning M uchiga bog`langan. Prujinaning deformatsiyalanmagan holatdagi uzunligi $a$ ga teng. 203-rasmda ko`rsatilgan sistemaga ta’sir qiluvchi umumlashgan kuch topilsin.



203-rasm

Yechish. Tekshirilayotgan sistemaning erkinlik darajasi ikkiga teng. Demak, umumlashgan koordinatalar ham ikkita, ya’ni sterjenning C o`q ateofidagi burilish burchagi $q_1 = \varphi$ hamda sharchaning sterjen bo`ylab ko`chishi $q_2 = x$. Sistemaga og`irlik kuchlari $\vec{G}_1, \vec{G}_2$ va elastiklik kuchi $\vec{F}$ ta’sir qiladi.

Masalani yechish uchun avval *x=const* deb,sistemaga mumkin bo`lgan ko`chish beramiz. Bu ko`chishda sistemaga ta’sir etuvchi kuchlar ishlarining yig`indisi quyidagicha bo`ladi:

$$\delta A_\varphi = \left[-G_1\frac{l}{2}\sin\varphi - G_2\,(a + x)\sin\varphi\right]\delta\varphi$$

Natijada: $$Q_\varphi = -\left[G_1\frac{l}{2} + G_2\,(a + x)\right]\sin\varphi\,.$$

Endi $\varphi = const$ deb, sistemaga mumkin bo`lgan ko`chish bersak, mazkur ko`chishdagi kuchlar ishlarining yig`indisi

$$\delta A_x = (G_2\cos\varphi - c\,x)\,\delta x$$

bo`ladi.
Bu ifodadan $Q_x = G_2 \cos\varphi - c\,x$ kelib chiqadi.

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipi

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipi mexanik sistema muvozanatining zaruriy va yetarli shartlarini ifodalaydi.

Teorema. *Ideal, bo`shatmaydigan, statsionar bog`lanishlar qo`yilgan sistema muvozanatda bo`lishi uchun sistemaning har qanday mumkin bo`lgan ko`chishida unga qo`yilgan aktiv kuchlar ishlarining yig`indisi nolga teng bo`lishi zarur va yetarli.* Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipining matematik ifodasi:

$$\sum \vec{F}\,\delta\,\vec{r}_\nu = 0\,. \qquad (111.1)$$

(111.1) shartning zaruriyligini isbotlaymiz. Sistema muvozanatda bo`lgani uchun uning har bir $M_\nu$ nuqtasiga ta'sir etuvchi aktiv kuchlar hamda reaksiya kuchlarining geometrik yig`indisi nolga teng bo`ladi:

$$\vec{F}_\nu + \vec{N}_\nu = 0\ . \qquad (111.2)$$

Sistemaning har bir nuqtasiga $\delta\,\vec{r}_\nu$ mumkin bo`lgan ko`chish beramiz. (111.2) ni $\delta\,\vec{r}_\nu$ ga skalyar ko`paytirib, so`ngra yig`indisi olinsa,

$$\sum \vec{F}_\nu\,\delta\,\vec{r}_\nu + \sum \vec{N}\,\delta\,\vec{r}_\nu = 0$$

hosil bo`ladi.

Bog`lanish ideal bo`lgani tufayli $\sum \vec{N}_\nu\,\delta\,\vec{r}_\nu = 0$.

Natijada $\sum \vec{F}_\nu\,\delta\,\vec{r}_\nu = 0$.

kelib chiqadi. Demak, (111.1) tenglikning zaruriyligi isbotlandi. Endi (111.1) shartning yetarli bo`lishini isbotlaymiz:

Faraz qilaylik, (111.1) shart bajarilsa ham sistema muvozanatda bo`lmasin. Bu holda sistemaning $M_1, M_2, \cdots, M_n$ nuqtalari harakatga keladi. Natijada bu nuqtalarga ta'sir etuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo`lmaydi. Boshlang`ich paytda sistema tinch holatda bo`lgani sababli $M_1, M_2, \cdots, M_n$ nuqtalari ta'sir etuvchi kuchlar ta'sirida mos ravishda $d\,\vec{r}_1, d\,\vec{r}_2, \cdots, d\,\vec{r}_n$ haqiqiy ko`chishlarni oladi. Sistemaga qo`yilgan bog`lanish statsionar bo`lgani sababli $d\,\vec{r}_1, d\,\vec{r}_2, \cdots, d\,\vec{r}_n$ haqiqiy ko`chishlar mos ravishda $\delta\vec{r}_1, \delta\vec{r}_2, \cdots, \delta\,\vec{r}_n$ mumkin bo`lgan ko`chishlar bilan ustma-ust tushadi.

Bu holda:

$$\begin{cases} (\vec{F}_1 + \vec{N}_1)\,\delta\,\vec{r}_1 > 0\,, \\ (\vec{F}_2 + \vec{N}_2)\,\delta\,\vec{r}_2 > 0, \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, \\ (\vec{F}_n + \vec{N}_n)\,\delta\,\vec{r}_n > 0 \end{cases}$$

Bu tengliklarni qo`shsak,

$$\sum (\vec{F}_\nu + \vec{N}_\nu)\,\delta\,\vec{r}_\nu > 0$$

kelib chiqadi.

Bog`lanish ideal bo`lgani tufayli $\sum \vec{N}_\nu \, \delta \vec{r}_\nu = 0$.

Natijada $\sum \vec{F}_\nu \, \delta \vec{r}_\nu > 0$

hosil bo`ladi. Bu esa qilgan farazimizning noto`g`riligini ko`rsatadi. Demak, sistema muvozanatda ekan.

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipi Lagranj tomonidan taklif etilgan. Shuning uchun mazkur prinsip *Lagranj prinsipi* deyiladi.

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipining analitik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\sum (F_{\nu x} \, \delta x_\nu + F_{\nu y} \, \delta y_\nu + F_{\nu z} \, \delta z_\nu) = 0 .$$

Mumkin bo`lgan prinsipini qo`llab masalalar yechish

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipini qo`llab hal etiladigan masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

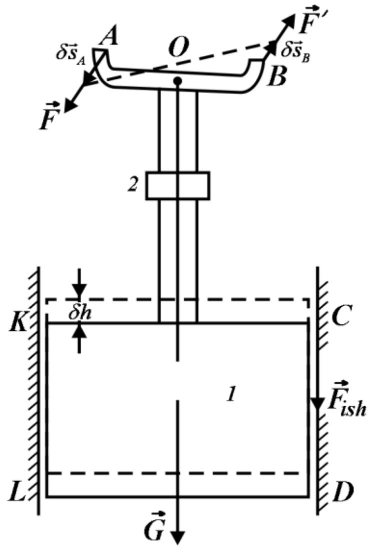
1. Sistemaga ta’sir qilayotgan kuchlar rasmda tasvirlanadi.
2. Sistemaga qo`yilgan bog`lanish ideal bo`lmasa, ta’sir qiluvchi kuchlar qatoriga bog`lanish reaksiya kuchi (ishqalanish kuchi)ni qo`shish kerak.
3. Sistemaning erkinlik darajasi, ya’ni bir-biriga bog`liq bo`lmagan mumkin bo`lgan ko`chishlar aniqlanadi.
4. Sistemaga qo`yilgan hamma kuchlarning har qaysi bir-biriga bog`liq bo`lmagan mumkin bo`lgan ko`chishdagi ishlarining yig`indisi nolga tenglashtiriladi.
5. Tuzilgan muvozanat tenglamasida qatnashgan bir-biriga bo`g`liq bo`lgan ko`chishlar sistema bitta nuqtasining mumkin bo`lgan ko`chishi orqali ifodalanadi.
6. Hosil bo`lgan tenglamalardan noma’lumlar aniqlanadi.

Izoh: Agar masalada biror bog`lanish reaksiya kuchini aniqlash talab etilsa, avval sistemani bu bog`lanish ta’siri reaksiya kuchi bilan almashtirilishi, so`ngra muvozanat tenglamalari tuzilishi kerak.

74- masala. Suv o`tkazadigan teshikni berkituvchi 1-zatvor (qopqoq) 2-ko`targich yordamida ko`tariladi (200-rasm). Uning *KL* va *CD* yon yo`nalishlaridagi ishqalanish kuchi $F_{ish} = 800N$ ga teng. Ko`targich vinti ikki kirimli bo`lib, uning qadami *h=8 mm.* U *OA* va *OB* dastalar yordamida aylantiriladi. *OA=OB=l=30 sm.* Zatvor teng o`lchovli ko`tarilishi uchun dastalar uchlariga qanday $\vec{F}$ kuch qo`yilishliga aniqlansin. Zatvor og`irligi *100 N.*

Yechish. 200-rasmda ko`rsatilgan mexanizmga $(\vec{F},\vec{F}')$ juft kuch, zatvor og`irlik kuchi $\vec{G}$ va ishqalanish kuchi $\vec{F}_{ish}$ ta'sir qiladi.

AB dastani $\delta\varphi$ burchakka burib, mumkin bo`lgan ko`chish bersak, A va B nuqtalar mos ravishda , radiusi l bo`lgan aylana yoyi bo`ylab δs_A hamda $\delta s_B = \delta s_A$ ko`chishni, zatvor esa $\delta h$ ko`chishni oladi.



204-rasm

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipini ifodalovchi (111.1) tenglamani tuzamiz:

$$\delta A = 2F\,\delta s_A - (G + F_{ish})\delta h = 0\ , \qquad (112.1)$$

bunda $F_{ish} = f\,G$.

Masala shartiga ko`ra ko`targich vinti ikki kirimlidir. Shuning uchun A dasta bir marta to`la aylanganda zatvor ikki qadam yuqoriga siljiydi. Natijada $\delta s_A$ hamda $\delta h$ orasidagi munosabat quyidagicha bo`ladi:

$$\delta h = \frac{h\,\delta s_A}{\pi l}\,. \qquad (112.2)$$

(112.2) ni (112.1) ga qo`ysak:

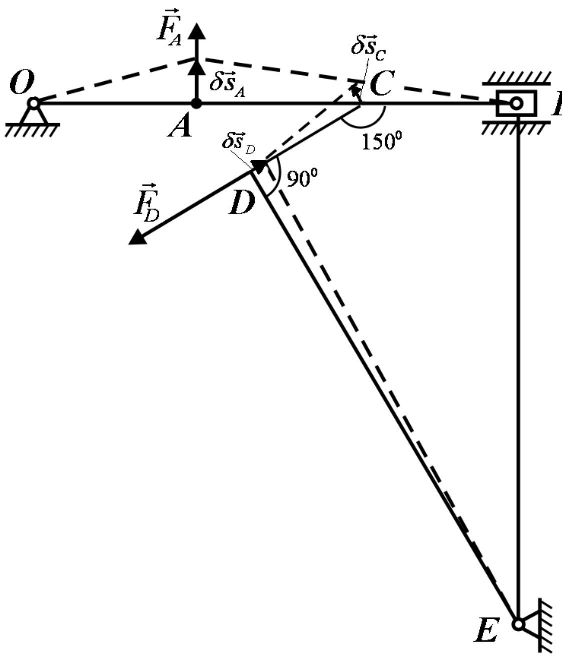
$$2F\delta s_A - (G + F_{ish})\frac{h}{\pi l}\delta s_A = 0\,,$$

bundan

$$F = \frac{G + F_{ish}}{2\pi l}h = 3{,}8\,N$$

kelib chiqadi.

75- masala. 205-rasmda ko`rsatilgan $OAB$ krivoship-shatunli mexanizmida $AB$ shatun $C$ silindrik sharnir yordamida $CD$ sterjen bilan bog`langan. CD va DE sterjenlar silindrik sharnir vositasida biriktirilgan. $AC = BC$; $\angle DCB = 150^0$;
$\angle CDE = 90^0$. Mexanizm muvozanatda bo`lishi uchun $OA$ va $DE$ sterjenlar uchlariga perpendikular ravishda qo`yilgan $\vec{F}_A$ va $\vec{F}_D$ kuchlar qanday munosabatni qanoatlantirishi kerakligi topilsin.



205-rasm

Yechish. Mexanizmning A va
nuqtalariga qo`yiladigan $\vec{F}_A$ va $\vec{F}_D$ kuchlar
rasmda tasvirlaymiz.

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipig
asosan:

$$\delta A = F_A\,\delta s_A - F_D\,\delta s_D = 0. \qquad (112.3)$$

Mexanizmning A nuqtasiga $\delta\vec{s}$
mumkin bo`lgan ko`chish beramiz. Bu holda
nuqta $\delta\vec{s}_C$ va D nuqta $\delta\vec{s}_D$ ko`chishni olad

Mexanizmning ko`rilayotgan hola
uchun AB zvenoning tezliklar oniy markazi
nuqtada bo`ladi. Shuning uchun $\delta s_C = \frac{\delta s_A}{2}$
Undan tashqari $\delta s_C \cdot \cos 60^0 = \delta s_D$; binobarin,

$$\delta s_D = \frac{\delta s_A}{2}\cdot\cos 60^0 = \frac{\delta s_A}{4}. \qquad (112.4)$$

(112.4) ni (112.3) ga qo`ysak, $F_D = 4F_A$ kelib chiqadi.

76-masala. Qismlardan tuzilib, uchta tayanchda turgan AD balka C nuqtada sharnir bilan biriktirilgan ikkita balkadan iborat. Balkaga *20 kN* , *60 kN* , *30 kN* ga teng bo`lgan vertikal kuchlar ta'sir qiladi. *AE=EC=CH=HB=a, BK=KD=2a.* A va B sharnirlardagi reaksiya kuchlari aniqlansin (206-rasm).

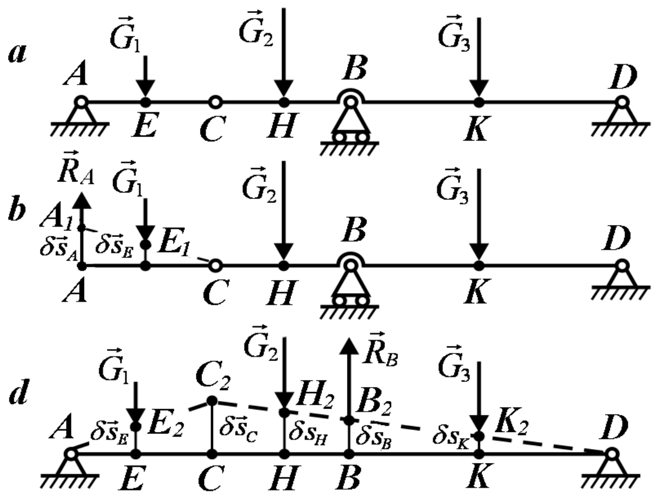
Yechish. Rasmda AD balkaga vertikal ravishda ta'sir qiluvchi $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ va $\vec{G}_3$ kuchla

A nuqta reaksiyasini topish uchun mazkur nuqtadagi tayanchni $\overline{R}_A$ reaksiya kuchi bilan almashtiramiz. Sistemaga qo`yilgan kuchlar parallel kuchlar sistemasidan iborat bo`lgani uchun A sharnir reaksiya kuchining gorizontal tashkil etuvchisi bo`lmaydi.

A nuqtaga $AA_1 = \delta s_A$ (206-rasm, b) mumkin bo`lgan ko`chish beramiz. Bu holda E nuqta δs_E ko`chishni oladi.

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipiga ko`ra:

$$R_A\,\delta s_A - G_1\,\delta s_E = 0\,. \qquad (112.5)$$



206-rasm

ΔCAA_1 va ΔCEE_1 lar o`xshashligidan:

$$\frac{\delta s_A}{\delta s_E} = \frac{AC}{EC} \qquad \text{yoki} \qquad \frac{\delta s_A}{\delta s_E} = \frac{2a}{a},$$

bundan $$\delta s_E = \frac{\delta s_A}{2}.$$ (112.6)

(112.6) ni (112.5) ga qo`ysak:

$$R_A \delta s_A - G_1 \frac{\delta s_A}{2} = 0,$$

bundan $R_A = G_1/2$ yoki $R_A = 10N$ kelib chiqadi.

Endi B nuqta reaksiyasini aniqlaymiz (206-rasm, *d*). Buning uchun B nuqtadagi bog`lanishni $\vec{R}_B$ reaksiya kuchi bilan almashtirib, mumkin bo`lgan ko`chish beramiz. Bu holda $E$ , $H$ , $B$ , $K$ nuqtalar mos ravishda $\delta s_E$ , $\delta s_H$ , $\delta s_B$ , $\delta s_K$ ko`chishlarni oladi.

Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipiga asosan:

$$-G_1 \delta s_E - G_2 \delta s_H + R_B \delta s_B - G_3 \delta s_K = 0.$$ (112.7)

ΔACC_2 bilan ΔAEE_2 ning, ΔDCC_2 bilan ΔDHH_2 , ΔDBB_2 , ΔDKK_2 larning o`xshashligidan:

$$\frac{\delta s_C}{\delta sE} = \frac{AC}{AE}, \frac{\delta s_C}{\delta s_H} = \frac{CD}{HD}, \frac{\delta s_C}{\delta s_B} = \frac{CD}{BD}, \frac{\delta s_C}{\delta s_K} = \frac{CD}{KD},$$

bundan $$\delta s_C = \frac{3}{2}\delta s_B,\ \delta s_E = \frac{3}{4}\delta s_B,\ \delta s_H = \frac{5}{4}\delta s_B,\ \delta s_K = \frac{1}{2}\delta s_B$$

(112.8)

(112.8) ni (112.7) ga qo`ysak,

$$-G_1 \frac{3}{4}\delta s_B - G_2 \frac{5}{4}\delta s_B + R_B \delta s_B - G_3 \frac{1}{2}\delta s_B = 0$$ (112.9)

hosil bo`ladi.

(112.9) dan

$$R_B = \frac{3}{4}G_1 + \frac{5}{4}G_2 + \frac{1}{2}G_3$$

yoki $R_B = 105kN$ kelib chiqadi.

Nazorat savollari

1. Sistemaga qo`yilgan bog`lanishlarni matematik ifodasi qanday?
2. Golonom va golonomsiz bog'lanish deb qanday bog`lanishga aytiladi?
3. Statsionlar va nostatsionar bog'lanish nima?
4. Bo`shatadigan, bo`shatmaydigan bog'lanishlarni ta'riflang.
5. Mexanik sistemaning erkinlik darajasi nima?
6. Qanday bog'lanishlar ideal bog'lanishlar deb ataladi?
7. Sistemaning umumlashgan koordinatalarini ta'riflang.
8. Mumkin bo`lgan ko`chish prinsipi nima?
9. Qanday kuchlar umumlashgan kuchlar deyiladi?

10. Umumlashgan kuchlarni analitik ifodasi qanday?

11. Erkin moddiy nuqtaning erkinlik darajasi deganda nimani tushunasiz?

12. Qo`zg'almas o`q atrofida aylanayotgan qattiq jisimning aylanish burchagi umumlashgan koordinata uchun qabul qilinsa, umumlashgan kuch nimaga teng bo`ladi?

80 - §. Kuch impulsi

M moddiy nuqta $\vec{F}$ kuch ta'sirida bo`lsin.

Kuchning *elementar vaqt oralig`dagi elementar impulsi deb, kuch vektori bilan shu vaqtning ko`paytmasiga aytiladi* va u quyidagicha yoziladi:

$$d\vec{S} = \vec{F}\,dt\ . \qquad (80.1)$$

Kuchning biror $(0, t)$ vaqt oralig`idagi impulsini aniqlash uchun (80.1) ni shu vaqt oralig`ida integrallaymiz:

$$\vec{S} = \int_0^t \vec{F}\,dt. \qquad (80.2)$$

(80.2) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, kuch impulsi vektorining koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari kelib chiqadi:

$$S_x = \int_0^t F_x\,dt\,, \quad S_y = \int_0^t F_y\,dt\,, \quad S_z = \int_0^t F_z\,dt\,. \qquad (80.3)$$

Agar S_x, S_y, S_z ma'lum bo`lsa, kuch to`la impulsining moduli

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2}\ . \qquad (80.4)$$

formuladan, yo`nalishi esa yo`naltiruvchi kosinuslari:

$$\cos(\vec{S},\wedge\vec{i}) = \frac{S_x}{S}\,, \quad \cos(\vec{S},\wedge\vec{j}) = \frac{S_y}{S}\,, \quad \cos(\vec{S},\wedge\vec{k}) = \frac{S_z}{S} \qquad (80.5)$$

bilan aniqlanadi.

Kuch impulsining birligi SI da *Ns (kgm/s)* dan iborat.

Kuch impulsi moddiy nuqtaga tashqaridan ta'sir qiluvchi jismlarning biror vaqt oralig`da nuqtaga bergan mexanik harakatini xarakterlaydi.

81 - §. Moddiy nuqta va mexanik sistemaning harakat miqdori

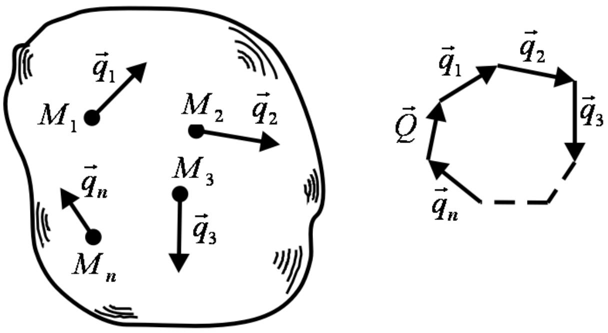
Moddiy nuqta massasi bilan tezlik vektorining ko`paytmasiga moddiy nuqtaning harakat miqdori deyiladi:

$$\vec{q}=m\vec{V}. \qquad (81.1)$$

(81.1) tenglamadan ko`rinib turibdiki, moddiy nuqtaning harakat muqdori vektor kattalik bo`lib, u tezlik vektori bo`ylab yo`naladi. Harakat miqdorining o`lchov birligi SI da *kgm/s* dan iborat.

Mexanik sistemaning harakat miqdori deb sistemani tashkil etuvchi nuqtalar harakat muqdorlarining geometrik yig`indisiga aytiladi (156-rasm).

$$\vec{Q}=\sum\vec{q}_\nu=\sum m_\nu\vec{V}_\nu \,. \qquad (81.2)$$



156-rasm

(81.1) da $m_\nu=const\,,\vec{V}_\nu=\dfrac{d\vec{r}_\nu}{dt}$ bo`lgani uchun

$$\vec{Q}=\frac{d}{dt}\sum m_\nu\vec{r}_\nu \,. \qquad (81.3)$$

(73.5) ga ko`ra $\sum m_\nu\vec{r}_\nu=M\vec{r}_S$.

Natijada (81.3) ni quyidagi ko`rinishda yozish mumkin:

$$\vec{Q}=\frac{d}{dt}(M\vec{r}_S)=M\frac{d\vec{r}_S}{dt}$$

yoki

$$\vec{Q}=M\vec{V}_S\,. \qquad (81.4)$$

Demak, *mexanik sistemaning harakat miqdori sistema massasi bilan inersiya markazi tezligi vektorining ko`paytmasiga teng.*

82 - §. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teorema

Sistema harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teoremani keltirib chiqarish uchun (76.2) tenglamalarning chap va o`ng tomonlarini hadlab qo`shamiz:

$$\sum m_\nu\frac{d\vec{V}_\nu}{dt}=\sum\vec{F}_\nu^e+\sum\vec{F}_\nu^i$$

yoki

$$\frac{d}{dt}\sum m_\nu\vec{V}_\nu=\vec{R}^e+\vec{R}^i\,.$$

Ichki kuchlarning xususiyatiga asosan $\vec{R}^i=0$. Shuning uchun:

$$\frac{d}{dt}\sum m_\nu\vec{V}_\nu=\vec{R}^e \qquad . \qquad (82.1)$$

(81.2) ga ko`ra (82.1) ni quyidagicha yozamiz:

$$\frac{d\vec{Q}}{dt}=\vec{R}^e \quad . \tag{82.2}$$

(82.2) ifoda sistema harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: *mexanik sistema harakat miqdorining vaqt bo`yicha birinchi hosilasi mazkur sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektoriga teng.*

(82.2) ning ikki tomonini dt ga ko`paytirsak:

$$d\vec{Q}=\vec{R}^e\,dt \tag{82.3}$$

yoki

$$d\vec{Q}=d\vec{S}^{\,e} . \tag{82.4}$$

Demak, *sistema harakat miqdorining differensiali unga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektorining elementar impulsiga teng.*

(82.2) ni Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi:

$$\frac{dQ_x}{dt}=R_x^e \quad , \quad \frac{dQ_y}{dt}=R_y^e \quad , \quad \frac{dQ_z}{dt}=R_z^e \; . \tag{82.5}$$

(82.5) dan ko`ramizki, *sistema harakat miqdorining biror o`qdagi proyeksiyasidan vaqt bo`yicha olingan birinchi tartibli hosila unga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektorining mazkur o`qdagi proyeksiyasiga teng.*

(82.2) yoki (82.4) ni ma'lum vaqt oralig`ida integrallasak, sistema harakat miqdorining chekli vaqt oralig`ida o`zgarishi haqidagi teoremani yoki impulslar teoremasini hosil qilamiz:

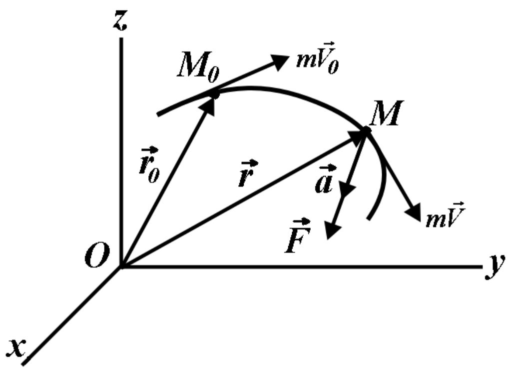
$$\vec{Q}-\vec{Q}_0=\int_0^t \vec{R}\,dt=\vec{S}^{\,e} \; . \tag{82.6}$$

Demak, *sistema harakat miqdorining ma'lum vaqt oralig`ida o`zgarishi unga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektorining shu vaqt oralig`idagi impulsiga teng.*

(82.6) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, impulslar teoremasining skalyar ko`rinishi kelib chiqadi:

$$Q_x-Q_{0x}=S_x^e \quad , \quad Q_y-Q_{0y}=S_y^e \quad , \quad Q_z-Q_{0z}=S_z^e \; . \tag{82.7}$$

(82.4) va (82.6) ga asosan, moddiy nuqta harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teorema quyidagi ko`rinishlarda yoziladi (157-rasm):



157-rasm

$$d\,(\,m\vec{V}\,) = \vec{F}\,dt = d\vec{S}\ ,$$

(82.8)

$$m\vec{V} - m\vec{V}_0 = \int_0^t \vec{F}\,dt = \vec{S}\ .$$

(82.9)

(82.8) dan ko`ramizki, *moddiy nuqta harakat miqdorining differensiali mazkur nuqtaga ta'sir qiluvchi kuchning elementar impulsiga teng.*

(82.9) ifodani quyidagicha o`qish mumkin: *moddiy nuqta harakat miqdorining ma'lum vaqt oralig`ida o`zgarishi nuqtaga ta'sir qiluvchi kuchning shu vaqt oralig`idagi impulsiga teng.*

(82.9) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalab, quyidagi ckalyar ifodalarga ega bo`lamiz:

$$mV_x - mV_{0x} = S_x\ ,$$
$$mV_y - mV_{0y} = S_y\ ,$$
$$mV_z - mV_{0z} = S_z\ .$$

(82.10)

83 - §. Mexanik sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni

Harakat miqdorining saqlanish qonuni harakat miqdori o`zgarishi haqidagi teoremaning xususiy holidan iborat. Bu xususiy hollar quyidagicha:

Agar sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektori nolga teng bo`lsa, sistema harakat miqdori o`zgarmay qoladi, ya'ni:

$\vec{R}^e = 0$ da $\vec{Q} = const$.

(83.1)

(82.3) ni integrallash bilan (83.1) ning o`rinli bo`lishini ko`ramiz.

Agar sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektorining biror o`qdagi proyeksiyasi nolga teng bo`lsa, sistema harakat miqdorining shu o`qdagi proyeksiyasi o`zgarmaydi. Masalan,

$R_x = 0$ da $Q_x = const$.

(83.2)

(83.2) ni (82.5) ning birinchi ifodasidan keltirib chiqariladi.

(83.1) va (83.2) *mexanik sistema harakat miqdorining saqlanish qonunini* ifodalaydi.

Moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuni quyidagicha bo`ladi:

$$a)\ \vec{F}=0 \quad \text{da} \quad \vec{q}=m\vec{V}=const\ ,$$

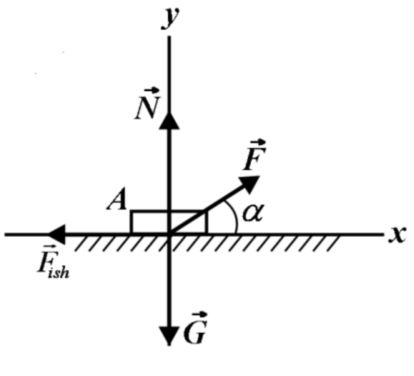
$$b)\ F_x=0 \quad \text{da} \quad mV_x=m\dot{x}=const\,.$$

11-MAVZU: SAQLANISH QONUNLARI. HARAKAT INTEGRALLARI. XARAKAT TENGLAMALARINI INTEGRALLASH. BIR O'LCHAMLI XARAKATNI INTEGRALLASH.

Sistema va moddiy nuqta harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teoremani qo`llab, masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

1. Sanoq sistemasi tanlab olinadi.
2. Ta'sir qiluvchi hamda reaksiya kuchlari rasmda tasvirlanadi.
3. Chegara shartlari aniqlanadi.
4. Kuch impulsi hisoblanadi.
5. Harakat miqdori teoremasini ifodalovchi tenglamalar tuziladi.
6. Tuzilgan tenglamalardan kerakli noma'lumlar topiladi.

51- masala. Massasi 10 *kg* bo`lgan jism o`zgarmas $\vec{F}$ kuch ta'sirida gorizontal tekislikda *Ax* o`q bo`ylab harakatlanadi (158-rasm). $\vec{F}$ kuchning *Ax* bilan hosil qilgan burchagi $\alpha=30^0$. A jism tezligini 5 **s**ekundda 2*m/s* dan 4*m/s* gacha o`zgartiruvchi $\vec{F}$ kuch aniqlansin. Ishqalanish koeffitsiyenti *f* =0,15.



158-rasm

Yechish. Sanoq sistemasini 158-rasmdagidek tanlaymiz. *A* jismni moddiy nuqta deb qaraymiz. Unga og`irlik kuchi $\vec{G}$, gorizontal tekislik normal reaksiyasi $\vec{N}$, ishqalanish kuchi $\vec{F}_{ish}$ hamda o`zgarmas $\vec{F}$ kuch ta'sir qiladi.

Masala shartiga ko`ra:

$$t=0 \quad \text{da} \quad V_{0x}=2m/s\ ,\ V_{0y}=0\,. \tag{84.1}$$

$$t=5 \quad \text{da} \quad V_x=4m/s\,. \tag{84.2}$$

A jismga ta'sir qiluvchi kuchlar impulslari yig`indisining *Ax* va *Ay* o`qlardagi proyeksiyalari (80.3) ga asosan quyidagicha bo`ladi:

$$S_x = \int_0^5 (F\cos\alpha - F_{ish})\,dt\,, \quad S_y = \int_0^5 (N + F\sin\alpha - G)\,dt \quad .$$

(84.3)

$F_{ish} = fN$ bo`lgani uchun (84.3) tenglama tubandagi ko`rinishni oladi:

$$S_x = \int_0^5 (F\cos\alpha - fN)\,dt \quad ,$$

$$S_y = \int_0^5 (N + F\sin\alpha - G)\,dt\,.$$

(84.4)

Moddiy nuqta harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teoremani (82.10) ko`rinishda yozib olamiz:

$$mV_x - mV_{0x} = S_x \quad , \quad mV_y - mV_{0y} = S_y\,.$$

(84.5)

Jism gorizontal tekislik bo`ylab harakat qilgani sababli $V_y = 0$. Buni e'tiborga olib (84.1) , (84.2) va (84.4) ni (84.5) ga qo`ysak,

$$2m = \int_0^5 (F\cos\alpha - fN)\,dt \quad , \quad 0 = N + F\sin\alpha - G$$

(84.6)

kelib chiqadi.

(84.6) ning ikkinchisidan:

$$N = G - F\sin\alpha = mg - F\sin\alpha\,.$$

(84.7)

(84.7) ni (84.6) ning birinchisiga qo`yamiz:

$$2m = \int_0^5 (F\cos\alpha - fmg + fF\sin\alpha)\,dt \quad \text{yoki} \quad 2m = (F\cos\alpha - fmg + fF\sin\alpha)\cdot 5\,.$$

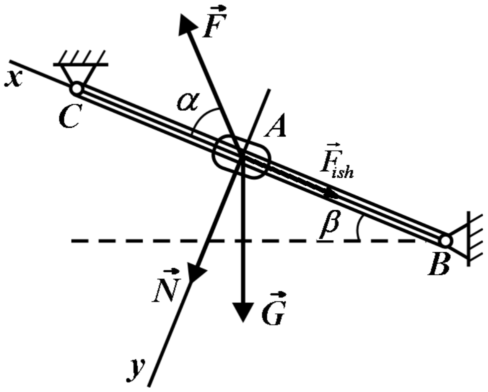
(84.8)

(84.8) ga son qiymatlarni qo`ysak, noma'lum $\vec{F}$ kuchning miqdori aniqlanadi:

$$F = 20\ N.$$

52- masala. Massasi 20 kg bo`lgan *A* polzun (159-rasm) gorizont bilan $\beta = 30^0$ burchak hosil qiluvchi *BC* sterjen bo`ylab *F=700 N* kuch ta'sirida boshlang`ich tezliksiz harakatlanadi. $\vec{F}$ kuch sterjen bilan $\alpha = 45^0$ burchak tashkil qiladi. Qancha vaqtdan so`ng polzun tezligi *2 m/s* ga etadi. Ishqalanish koeffitsiyenti *0,2.* Sterjen og`irligi hisobga olinmasin.

Yechish. Sanoq sistemasini 159-rasmdagidek tanlaymiz. Polzunni moddiy nuqta deb qarasak, unga $\vec{F}$ kuch, og`irlik kuchi $\vec{G}$, sterjenga perpendikular bo`lib pastga tomon yo`nalgan sterjenning normal reaksiyasi $\vec{N}$, shuningdek, ishqalanish kuchi $\vec{F}_{ish}$ ta'sir qiladi.



159-rasm

Polzun Ax o`q bo`ylab harakat qilgani sababli

$$V_{0y}=0 \quad , \quad V_y=0. \qquad (84.9)$$

Masala shartiga ko`ra:

$t=0$ da $V_{0x}=0$;

(84.10)

$t=T$ da $V_x=2\,m/s$.

(84.11)

Polzunga ta'sir qiluvchi kuchlarning *(0, T)* vaqt oralig`idagi impulsining $Ax$ va $Ay$ o`qlardagi proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi:

$$S_x=\int_0^T (F\cos\alpha - F_{ish} - G\sin\beta)\,dt,$$

$$S_y=\int_0^T (-F\sin\alpha + N + G\cos\beta)\,dt.$$

(84.12)

(84.9) – (84.12) ifodalar hamda $F_{ish}=fN$ ni e'tiborga olsak, polzun harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teorema (82.9) ga ko`ra quyidagicha yoziladi:

$$2m=\int_0^T (F\cos\alpha - f\,N - G\sin\beta)\,dt \quad ,$$

$$0=\int_0^T (-F\sin\alpha + N + G\cos\beta)\,dt.$$

bundan

$$2m=(F\cos\alpha - f\,N - G\sin\beta)T \;,$$

$$N=F\sin\alpha - G\cos\beta$$

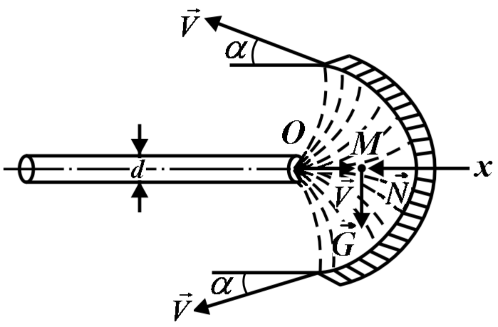
kelib chiqadi.

Son qiymatlarni qo`ysak:

N = 324,96 N , T = 0,12 s.

53-**masala.** Zichligi ρ bo`lgan suv oqimi diametri $d$ bo`lgan trubadan $\vec{V}$ tezlik bilan oqib chiqadi va u silindr shaklida egilgan plastinka sirtiga uriladi. Suv oqimining plastinkaga urilgandan keyingi tezligi ham $\vec{V}$ bo`lib, u gorizontal bilan $\alpha$ burchak tashkil qiladi (160-rasm). Suvning plastinkaga ko`rsatadigan gorizontal bosimi aniqlansin.

Yechish. Sanoq sistemasi qilib gorizontal Ox o`qni olamiz. Suv zarrachasi $M$ ga uning og`irligi $\vec{G}$ hamda plastinka sirti reaksiya kuchining gorizontal tuzuvchisi $\vec{N}$ ta'sir qiladi. (Bunda $G_x = 0$). dt vaqt ichida truba ko`ndalang kesimidan $m = \rho s V dt$ massali suv oqadi; bunda $s = \pi d^2 / 4$ truba ko`ndalang kesimining yuzidir.



160-rasm

Suv zarrachasi harakat miqdorining o`zgarishi haqidagi teorema (82.10) tenglamaning birinchi ifodasiga ko`ra quyidagicha yoziladi:

$$mV\cos\alpha - mV = -N\,dt$$

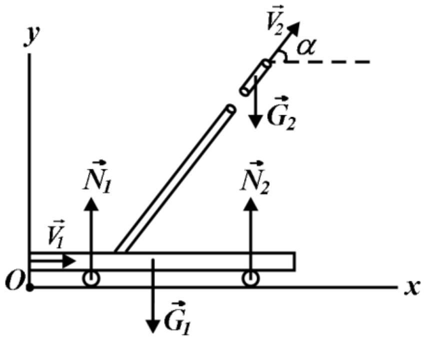
yoki
$$\frac{\pi d^2 \gamma}{4g} V^2 (1-\cos\alpha)\,dt = N\,dt,$$

bundan
$$N = \frac{\pi d^2 \gamma}{4g} V^2 (1-\cos\alpha)$$

kelib chiqadi.

Suvning plastinkaga ko`rsatadigan gorizontal bosimining miqdori reaksiya kuchi $\vec{N}$ ning miqdoriga teng bo`lib, yo`nalishi unga teskaridir.

54-**masala.** $\vec{V}_1$ tezlik bilan harakatlanuvchi temir yo`l platformasiga qurol o`rnatilgan. Qurolning stvoli platforma harakatlanayotgan tomonga qaratilgan bo`lib, gorizontdan bir oz yuqoriga ko`tarilgan. Quroldan o`q uzilgandan keyin platformaning tezligi uch marta kamayadi. Agar o`q stvoldan gorizontga nisbatan α burchak hosil qilib otilib chiqsa, snaryad tezligi $\vec{V}_2$ ni toping. Snaryadning massasi m_1, qurolli platformaning massasi m_2.



161-rasm

Yechish. Sanoq sistemasini 161-rasmdagidek tanlaymiz. Sistema platforma va quroldan iborat. Unga ta'sir qiluvchi kuchlar $\vec{G}_1, \vec{G}_2$ og`irlik kuchlari hamda gorizontal sirtning normal reaksiyalari $\vec{N}_1, \vec{N}_2$ dan iborat.

Sistemaga ta'sir qiluvchi kuchlar Ox o`qiga perpendikular bo`lgani uchun $R_x^e = 0$. Bu holda (83.2) ga ko`ra sistema harakat miqdorining $Ox$ o`qdagi proyeksiyasi o`zgarmas bo`ladi, ya'ni

$$Q_x = Q_{0x}.$$

Boshlang`ich paytdagi sistema harakat miqdori:

$$Q_{0x} = (m_1 + m_2)V_1 . \tag{84.13}$$

Quroldan o`q uzilgandan so`ng sistema harakat miqdori quyidagicha bo`ladi:

$$Q_{0x} = \frac{m_1 V_1}{3} + m_2 V_2 \cos\alpha \ .$$

(84.14)

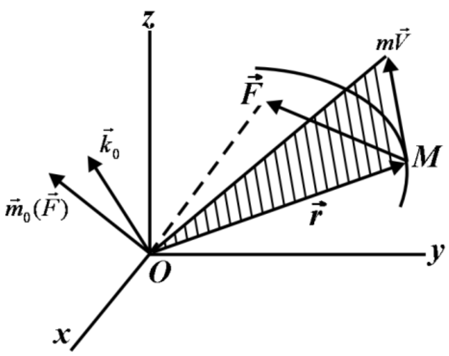
(84.13) bilan (84.14) ni tenglashtirsak,

$$V_2 = \frac{m_2 + \frac{2}{3} m_1}{m_2 \cos\alpha} \quad , \quad V_1 = \frac{3m_2 + 2m_1}{3m_2 \cos\alpha} V_1$$

kelib chiqadi.

Moddiy nuqta va mexanik sistema harakat miqdorining momenti

Mexanika masalalarini yechishda harakat miqdori tushunchasi bilan bir qatorda harakat miqdori momenti yoki kinetik moment tushunchasidan ham foydalaniladi. $\vec{F}$ kuch ta'siridagi M moddiy nuqta $\vec{V}$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo`lsin (162-rasm).



162-rasm

M nuqtaning biror O markazga nisbatan kinetik momenti deb mazkur nuqta radius-vektori hamda harakat miqdori vektorining vektor ko`paytmasiga aytiladi va quyidagicha yoziladi:

$$\vec{k}_0 = \vec{m}_0(m\vec{V}) = \vec{r} \times m\vec{V} \ .$$

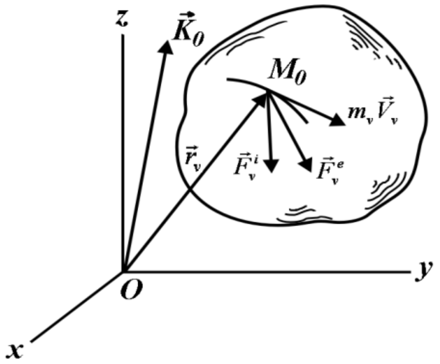
(85.1)

Moddiy nuqta kinetik momenti vektorining yo`nalishi $\vec{r}$ va $\vec{V}$ yotgan tekislikka perpendikular bo`ladi.

(85.1) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, moddiy nuqta harakat miqdorining o`qqa nisbatan momenti kelib chiqadi:

$$k_x = m_x(m\vec{V}) = m(yV_z - zV_y) = m(y\dot{z} - z\dot{y}),$$
$$k_y = m_y(m\vec{V}) = m(zV_x - xV_z) = m(z\dot{x} - x\dot{z}),$$
$$k_z = m_z(m\vec{V}) = m(xV_y - yV_x) = m(x\dot{y} - y\dot{x}).$$

(85.2)



163-rasm

Kinetik momentning *SI* ga ko`ra o`lchov birligi kgm^2/s yoki *Nms* ga teng.

Mexanik sistemaning biror markazga nisbatan kinetik momenti shu sistemani tashkil qiluvchi moddiy nuqtalarning mazkur markazga nisbatan kinetik momehtlarining geometrik yig`indisiga teng (163-rasm).

$$\vec{K}_0 = \sum \vec{m}_0 \,(m_\nu \overrightarrow{V_\nu}) = \sum \vec{r}_\nu \times m_\nu \vec{V}_\nu \,. \quad (85.3)$$

(85.1) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi:

$$K_x = \sum m_x \,(m_\nu \vec{V}_\nu) = \sum m_\nu \,(y_\nu \dot{z}_\nu - z_\nu \dot{y}_\nu),$$
$$K_y = \sum m_y \,(m_\nu \vec{V}_\nu) = \sum m_\nu \,(z_\nu \dot{x}_\nu - x_\nu \dot{z}_\nu),$$
$$K_z = \sum m_z \,(m_\nu \vec{V}_\nu) = \sum m_\nu \,(x_\nu \dot{y}_\nu - y_\nu \dot{x}_\nu). \quad (85.4)$$

XII BOB. BUTUN OLAM TORTISHISH QONUNI.

§31. BUTUN OLAM TORTISHISH QONUNI.

.

31.1. Sayyoralar harakati.
31.2. Nyutonning olam tortishish qonuni. Tortishish doimiysi va uni o'lchash.
31.3. Og'ir va inert massa. Og'irlik va inersiya kuchinining ekvivalentligining Eynshteyn prinsipi.

31.1. Kepler qonunlari.

Nyutonning butun olam tortishish qonunini kashf qilishiga planetalar harakatining Kepler (1571-1630) tomonidan ochilgan uchta qonuni asos bo'ladi.

1. Barcha planetalar fokuslaridan birida Quyosh joylashgan ellipslar bo'ylab harakatlanadi.
2. Planetaning radius-vektori teng vaqtlar ichida teng Yuzlar chizadi.
3. Planetalarning quyosh atrofida aylanish davrlarining kvadratlari nisbatlari ular orbitalarining katta Yarim o'qlari kublarining nisbatlariga teng.

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{R_1^3} \quad \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 \qquad (*)$$

Keplerning I qonuni planetalar markaziy kuchlar maydonida harakatlanishni ko'rsatadi. Jismning
markaziy kuch maydonidagi traektoriyasi Yassi tekislikdan-fokusi kuchlar markazi bilan ustma-ust tushuvchi giperboladan, paraboladan yoki ellipsdan iborat ekanligini ko'rsatadi.

Soddalik uchun orbitalarni ellips emas, aylanalar deb qarash mumkin. Markazga intilma kuch va tezlanish ifoda-sini quyidagicha yozish mumkin.

$$F = \frac{mv^2}{r} \quad \text{bunda} \quad a = \frac{v^2}{r} \qquad (1)$$

v-planeta harakat tezligi

$$v = \omega r = 2\pi \nu r = \frac{2\pi}{T} r, \qquad (2)$$

r-orbita radiusi,
T-planetaning quyosh atrofida aylanish davri
(1) ifodada (2) ifoda hisobga olinsa,

$$a = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot r \qquad (3)$$

T-planetaning quyosh atrofida aylanish davri.
(1) va (3) ifodalardan planetalarga ta'sir etuvchi kuchlar quyidagiga teng.

$$F = ma = \frac{mv^2}{r} = \frac{4\pi^2}{T^2} mv \qquad (4)$$

Ikki planeta uchun yozib, u kuchlar nisbatini olsak

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1 a_1}{m_2 a_2} = \frac{m_1 r_1 T_2^2}{m_2 r_2 T_1^2} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2}\left(\frac{T_2^2}{T_1^2}\right) \qquad (5)$$

Kepler uchinchi qonuniga ko'ra (r~R desak)

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2} \cdot \frac{r_2^3}{r_1^3} \approx \frac{m_1 r_1 r_2^3}{m_2 r_2 r_1^3} = \frac{m_1 r_2^2}{m_2 r_1^2} = \frac{m_1}{r_1^2} \div \frac{m_2}{r_2^2} \qquad (6)$$

(6) ifodadan ta'sir kuchi massaga to'g'ri va R^2 ga teskari proporsional ekani ko'rinib turibdi.

F~m

$$F \approx \frac{1}{R^2} \quad \text{bundan} \quad F = k\frac{m}{r^2} \qquad (7)$$

(7) da proporsionallik koeffisienti quyosh massasiga proporsionaldir $k=\gamma M_q$. Nyuton (1687 yili e'lon etgan) qonuniga ko'ra

$$F=\gamma\frac{mM_k}{r^2} \qquad (8)$$

Keplerning ikkinchi qonuni impuls momentining saqlanish qonuni xulolasidir (141-rasm).
dt vaqt ichida radius-vektor chizgan dS Yuza uchburchakning vdt asosining uchburchak balandligi l ga (u planeta impulsining quyoshga nisbatan Yelkasi bilan ustma-ust tushadi) ko'paytmasi Yarmiga teng.

$$dS=\frac{1}{2}lvdt=\frac{L}{2m}dt \qquad (9)$$

(L=mvl-planeta impuls momenti) dS/dt=L/2m – sektorial tezlik deyiladi.
Kuchlarning markaziy maydonida impuls momenti o'zgarmaydi, demak, planetaning sektorial tezligi ham o'zgarmasligi kerak.
Bu vaqtning teng oraliklari ichida radius-vektor teng Yuzalar chizishini bildiradi.

31.2. Butun olam tortishish qonuni.

Tabiatdagi barcha jismlar tuzilishi va ximiyaviy tarkibiga bog'liq bo'lmagan holda, o'zaro gravitasion ta'sir etishadilar. Jismlarning o'zaro tortishishini ifodalovchi qonun Nyuton tomonidan
aniqlangan bo'lib (1687 y), u butun olam tortishish qonuni (Gravitasiya qonuni) deb Yuritiladi va u quyidagicha ta'riflanadi:

Ixtiyoriy ikki moddiy nuqta massalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lgan kuchlar bilan bir-birini tortishadi. Massalari m_1 va m_2 jismlar orasidagi masofa r ga teng bo'lganda tortishish kuchi

$$F=\gamma\frac{m_1m_2}{r^2}. \qquad (1)$$

formuladan topiladi. (1) ifodani vektor ko'rinishda quyidagicha yoziladi.

$$\vec{F}=\gamma\frac{m_1m_2}{r^2}\cdot\frac{\vec{r}}{r}=\gamma\frac{m_1m_2}{r^3}\vec{r} \qquad (2)$$

bu Yerda γ-gravitasion (tortishish) doimiysi. Bu jismlarning o'zaro ta'sir kuchini biror O sanoq sistemasiga nisbatan qarasak, m_1 massali jism holati r_1 radius-vektori, m_2 massali jism holati esa r_2 radius-vektori yorda-mida aniqlanadi va birinchi moddiy nuqtadan ikkinchi moddiy nuqtaga yo'nalgan vektor $\vec{r}_{12}=\vec{r}_2-\vec{r}_1$ va ikkinchi moddiy nuqtadan birinchi moddiy nuqtaga yo'nalgan vektor $\vec{r}_{21}=\vec{r}_1-\vec{r}_2$ yordamida aniqlanadi (142-rasm).
Bunda F_{12}-birinchi moddiy nuqtaning ikkinchi moddiy nuqtaga tortishish kuchi, F_{21}-ikkinchi moddiy nuqtaning birinchi moddiy nuqtaga tortishish kuchi:

$$\vec{F}_{12}=\gamma\frac{m_1m_2}{r^2}\cdot\frac{\vec{r}_{12}}{r} \qquad (3)$$

yo $$\vec{F}_{21}=\gamma\frac{m_1m_2}{r^2}\cdot\frac{\vec{r}_{21}}{r} \qquad (4)$$

ifodalar yordamida aniqlanadi. Nuqtalar aro radius vektorlar o'zaro qarama-qarshi yo'nalishga ega ekanidan $\vec{r}_{12} = -\vec{r}_{21}$

o'zaro tortishish kuchlari ham miqdor jihatdan teng bo'lsada $\left|\vec{F}_{12}\right| = \left|\vec{F}_{21}\right|$ ularning yo'nalishi qarama-qarshidir. $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ (5)

F_{12} birinchi moddiy nuqtaga, F_{21} esa ikkinchi moddiy nuqtaga qo'yilgan bo'lib, ular bir-birini kompensasiyalamaydi.

Agar jismlarni moddiy nuqtalar deb hisoblash mumkin bo'lmasa, ularning o'zaro tortishuvi, u jismlarni hayolan elementar bo'lakchalarga ajratib, so'ng ayrim jismlar elementar bo'lakchalari orasidagi tortishish kuchlarining yig'indisini topish orqali aniqlanadi.

Bo'lakchalar orasidagi o'zaro tortishish kuchi

$$\Delta F = \gamma \frac{(\Delta m_1)_i \cdot (\Delta m_2)_k}{r_{ik}^2} \qquad (6)$$

jismlar qismlari orasidagi tortishish kuchi uning yig'indisiga teng bo'ladi.

$$F = \sum_{\substack{i=1 \\ k=1}}^{n} \Delta F_{ik} = \sum_{\substack{i=1 \\ k=1}}^{n} \gamma \frac{(\Delta m_1)_i (\Delta m_2)_k}{r_{ik}^2} \qquad (7)$$

sharsimon jismlar uchun (1)-(4) ifodalarni qo'llash mumkin, bunda jism massalari ularning geometrik markazida mujassamlashagan deb hisoblash va $\vec{r}$ o'rniga sharlarning markazlari orasidagi masofani olish zarur.

Gravitasion o'zaro ta'sir kuchlari turli (gaz, suyuqlik va qattiq jism holidagi) muhitlarda va
vakuumda joylashgan jismlar orasida ham sodir bo'ladi. Ma'lum oraliqda turgan jismlar orasidagi o'zaro ta'sir Gravitasion (tor-tishish) maydoni vositasida uzatiladi.

Gravitasion kuchlar ta'siri seziladigan fazo sohasi gravitasion yoki tortishish maydoni deb ataladi.

Har qanday jism atrofida gravitasion maydon mavjuddir. Bu maydonning ixtiyoriy nuqtasiga kiritilgan jismlarga maydonni vujudga keltirgan jism tomon yo'nalgan kuch ta'sir etadi.

31.2b. Gravitasion doimiyni o'lchash.

Gravitasion doimiyni 1798 yilda Kavendish Kulonning burama tarozisi yordamida o'lchagan. Uning xozirgi vaqtdagi o'lchashlar asosida topilgan qiymati $\gamma=6{,}67\cdot10^{-11}$ $H.m^2.kg^{-2}$.

Olam tortishish qonuni ifodasidan

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (1)$$

ko'rinadiki, $m_1=m_2=1$ kg, r=1m bo'lsa, tortishish doimiysi son jihatdan o'zaro ta'sir kuchiga teng bo'ladi (143-rasm).

$$\gamma=F.$$

Bundan quyidagi xulosani aytish mumkin:

Gravitasion doimiyning qiymati massalari 1 kg dan bo'lgan ikki moddiy nuqta orasidagi masofa 1m bo'lgan taqdirda ular orasidagi o'zaro tortishish kuchining miqdoriga teng.

31.3. Og'ir va inert massa.Og'irlik va inersiya kuchining ekvivalentligining Eynshteyn prinsipi.

m massali jismga F kuch ta'sir etsa, Nyuton II qonuniga ko'ra, jism tezlanishi

$$a=F/m \qquad (1)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Bu Yerda jismning m massasi uning "inert"ligini ifodalaydi. SHu sababli (1) da m o'rniga m_i yozaylik va u inert massani bildirsin.

$$a=F_t/m_i \qquad (2)$$

Bu jism Yerning tortishish maydonida bo'lsa, Yer tortishish kuchi ta'sirida jism g tezlanish oladi

$$F=\gamma\frac{mM_e}{R_e^2}=m\cdot\left(\frac{\gamma M_e}{R_e^2}\right)=mg \qquad (3)$$

bu Yerda

$$g=\left(\frac{\gamma M_e}{R_e^2}\right)=\frac{F}{m} \qquad (4)$$

Jism massasi m Yer bilan tortishish gravitasion xossani xarakterlaydi. SHu sababli (3) va (4) ifodada m massani gravitasion massa m_g deb belgilaylik

$$F=m_г\left(\frac{\gamma M_e}{R_e^2}\right)=m_г g \quad \text{lekin } F_т=F_г \;\; m_u a=m_г g \qquad (5)$$

(2) va (5) dan

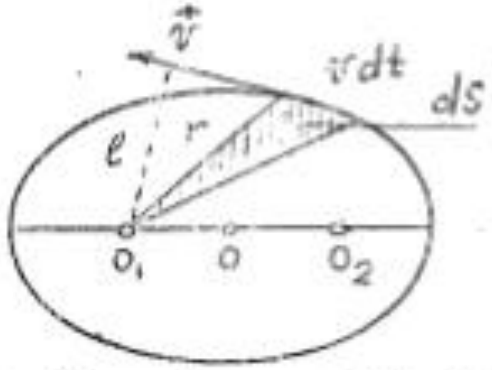
$$a=\frac{F}{m_u}=\left(\frac{\gamma M_e}{R_e^2}\right)\cdot\frac{M_г}{m_u}=g\cdot\frac{m_г}{m_u} \qquad (6)$$

kelib chiqadi. a=g bo'lishi uchun $m_g=m_i$ bajarilishi kerak, lekin a=g, demak, $m_g=m_i$. jismlarning inert va gravitasion massalari bir-biriga proporsionaldir. Bu Eynshteyn prinsipidir. Fizik kattaliklar ayni bir birliklar sistemasida olinsa, $m_g=m_i$ kelib chiqadi. Gravitasion va inert massalarning ayniy
ligini Eynshteyn "Umumiy nisbiylik nazariyasi"ga asos qilib olgan. Gravitasion va inert massalar tengligini 1899 yili Etvesh 10^{-8} kg aniqlikda, 1964 yili Dikke 3.10^{-11} kg aniqlikda, 1971 yili Braginskiy va Panov 10^{-12} kg aniqlikda tekshirdilar.

Sinash savollari.

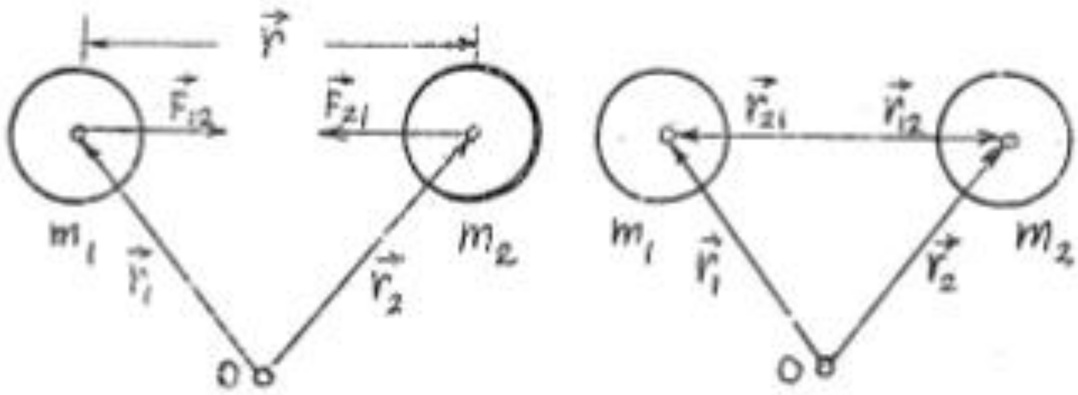
1. Kepler qonunlarini ayting?
2. Butun olam tortishish qonunini bayon eting
3. Tortishish doimiysini kim va qachon aniqladi?

§ 31 rasmlari

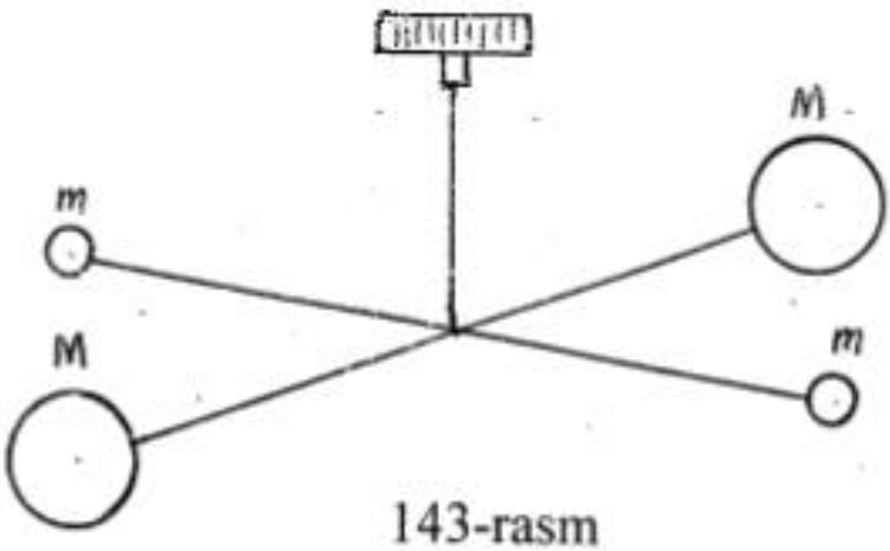


$$dS = \frac{1}{2} l v dt, \quad L = mvl, \quad v_c = \frac{dS}{dt} = \frac{L}{2m}$$

141-rasm



a 142-rasm б



143-rasm

12-MAVZU : MARKAZIY MAYDONDAGI XARAKAT. GRAFIK TAHLIL, XARAKAT INTEGRALLARI. KULON MAYDONIDAGI HARAKAT, TRAEKTORIYANING SINFLARGA AJRATISH. KEPLER QONUNLARI. **TORTISH MAYDONI XAQIDA TUSHUNCHA.**

32.1. Tortishish maydoni haqida tushuncha. Tortishish moydoni kuchlanganligi va potensiali. Ostrogradskiy-Gaus teoremasi,
32.2. Markaziy tortishish maydonidagi harakatga energiya va impuls momenti saqlanish qonunini tadbiq etish.
32.3. Birinchi, ikkinchi va uchunchi kosmik tezlik.
32.4. Kosmik fazoni tadqiq etish va o'zlashtirishda fizika fani va texnikaning Yutuqlari.

Tortishish maydoni haqida tushuncha va uning materiya ekani.

a) Har qanday jism atrofida materiyaning aloxida ko'rinishi tortishish (gravitasion) maydon mavjud. U maydon qaralayotgan jism tamonidan boshqa jismga biror kuch ta'sir qilishda namoyon bo'ladi. U Yerdagi kuchlarda superpozisiya prinsipi bajariladi va qiymati butun olam tortish qonunidan topiladi.

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (1)$$

Nyuton bu qonunni 1687 yili kashf etgan. Biror jismga boshqa jism tomonidan ta'sir kuchlari vektor qoidasiga ko'ra qo'shiladi va teng ta'sir
etuvchi kuch topiladi. Fazoda tortishish kuchi uzluksiz tarqaladi.

b) Kuchlanish. Potensial energiya.Agar tortishish maydoniga juda kichik massali jism kiritib, maydonning shu nuqtasidagi maydonning vektor xarakteriskasini topish mumkin.

$$\vec{r} = \frac{\vec{F}}{m}; \quad \vec{\Gamma} = \gamma \frac{M}{r^2} = \gamma \frac{M}{r^3}\vec{r} \qquad (2)$$

Bu kuchlanishdir. Bu berilgan nuqtadagi birlik massaga ta'sir etuvchi kuchga teng kattalikdir. Qaralayotgan nuqtada birlik massaga ta'sir etuvchi kuchga teng kattalik kuchlanish deyiladi.

$$\vec{\Gamma} = \frac{\vec{F}}{m} = \gamma \frac{M}{r^2} \qquad (2')$$

Nuqtaviy M massali (massasi O nuqtaga to'plangan) va R masofadagi uning hosil qilgan kuchlanishi.

$$\vec{\Gamma} = -\gamma \frac{M}{R^3}\vec{R} \qquad (3)$$

ga tengdir.

Har qanday jismning maydon kuchlanish chiziqlari shu jism massa markaziga cheksizlikdan keluvchi radial chiziqlardan iborat bo'ladi. Maydon kuchlanganligini katta yoki kichikligi kuchlanish vektori zichligi bilan xarakterlanadi. Bir nuqtadagi bir necha jism hosil qilgan kuchlanish superpozisiya prinsipiga ko'ra topiladi. U vektor yig'indisidan iborat.

$$\vec{\Gamma} = \sum \vec{\Gamma}_i \qquad (4)$$

Kuchlanish vektori oqimi qaralayotgan Yuzadan tik o'tuvchi kuchlanganlik chiziqlari bilan belgilanadi.

$$dN = \vec{\Gamma} \cdot d\vec{s} \qquad dN = \vec{\Gamma} \cdot d\vec{s} \qquad (5)$$

YUza vektori musbat yo'nalishini olish ixtiyoriydir. (144-rasm). Odatda berk sirtdan chiquvchi oqim musbat deb qaraladi. Rasmdagi markazi O va radiusi R ga teng shar sirtidagi oqim

$$N = \int \vec{\Gamma} ds = -\gamma \frac{M}{R^2} 4\pi R^2 = -4\pi\gamma M \qquad (6)$$

$\vec{\Gamma}$ ва $d\vec{s}$ yo'nalishi teskaridir.
Sirt ichida massa bo'lmasa sirt bo'ylab oqim nolga teng. Birnecha jism hosil qilgan oqim yig'indi oqimga teng.

Ostrogradskiy-Gaus teoremasi.

Bir necha manba M_I tomonidan hosil qilingan kuchlanganlik vektori oqimi qaralayotgan sirt ichidagi manbalar oqimlarinigina yig'indisiga tengdir.

$$N = \int_S \vec{\Gamma} d\vec{s} = -4\pi\gamma\left(\sum M_{iBM}\right)$$
$$\sum M_{iBH} = M_{BM} \qquad N = -4\pi\gamma M_{BM} \qquad (7)$$

Bu teorema turli to'g'ri shaklli sirt orqali oqimni va uni yordamida davomida kuchlanganlikni topishga yordam beradi.

Masalan: Ichi bo'sh shar ichki qism kuchlanish G=O ga teng. Bir jinsli shar ichki qismida esa

$$\vec{\Gamma} = -\gamma \frac{M}{R_0^3} \vec{\rho} \qquad (8)$$

ρ-shar markazidan nuqtagacha masofa, R_0- shar radiusi.
Shar sirtida esa

$$\vec{\Gamma} = -\gamma \frac{M}{R_0^3} \vec{R}_0 \qquad (9)$$

ifoda o'rinli bo'ladi.
Bir jinsli maydonda

F=constant (10)

bajariladi.

Maydonni xarakterlovchi skalyar kattalikdan biri uning bashargan ishiga teng kattalik- potensialdir. U maydonda m massali jismni dl masofaga ko'chirishda bajarilgan ishga teng.

$$A = \int \vec{F} d\vec{l} = -\gamma M \int_1^2 \frac{m}{R^2} dl \cos\left(d\vec{l}\vec{\Gamma}\right) \qquad (11)$$

lekin

$$dl\cos\left(d\vec{l},\vec{\Gamma}\right)=dR \qquad (12)$$

$$A=-\gamma Mm\int_{R_1}^{R_2}\frac{dR}{R^2}=-\gamma mM\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)=m(\varphi_1-\varphi_2); \qquad (13)$$

$$\varphi_1-\varphi_2=\gamma M\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)=\Delta\varphi$$

$$\varphi_i=-\gamma\frac{M}{R_i}+const \qquad (14)$$

$$A=M\Delta\varphi$$

Bajarilgan ish jism boshlang'ich holatlarigagina bog'liq bo'lib, yo'l shakliga bog'liq emas. Bu Yerda funksiya potensial funksiya yoki oddiy potensial deyiladi. Potensial ham kuchlanish kabi nuqta funksiyasi bo'lib vaqt va boshqa katta
lik bog'liq emas. Bu Yerda

$$\varphi=-\frac{M}{R}+const \qquad (15)$$

funksiya potensial funksiya yoki oddiy potensial deyiladi. Potensial kuchlanish kabi «nuqta funksiyasi» bo'lib vaqt va boshqa kattalikka bog'liq emas. CHeksizlikda potensial $\varphi>0$ desak potensial uchun

$$\varphi=-\gamma\frac{M}{R} \qquad (16)$$

ifodani yozamiz (145-rasm).

Nuqtaviy M massa uchun ixtiyoriy nuqta potensiali manfiydir. Berk kontur bo'ylab tortishish kuchi bajargan ishi nolga tengdir.

$$A=\Phi\vec{F}d\vec{l}=m\Phi\vec{\Gamma}\cdot d\vec{l}=0 \qquad (17)$$

Bu ifoda $\overline{\Gamma}$ vektorining sirkulyasiyasidir. Kuchlanganlik vektori sirkulyasiyasi tortishish maydonida nolga tengdir.

Agar biror nuqtadagi potensiali φ ga teng tortishish maydoniga biror m massali jism shu nuqtaga kiritilsa, potensial energiya

$$W_p=m\varphi \qquad (18)$$

ga teng bo'ladi. Bundan uni

$$W=-\gamma\frac{mM}{R} \qquad (19)$$

ko'rinishda yozish mumkin. M massali jism energiyasi cheksizlikda nol bo'lishi, maydon kuchlari ish bajarishi uchun energiya manfiydir. Harakatlanuvchi nuqta kinetik energiya oladi.

Potensial nol nuqtadan m massali jism qancha uzoq tursa, potensialenergiya shuncha ko'p bo'ladi.

$$A=m(\varphi_1-\varphi_2)=m\Delta\varphi=mG(h_1-h_2)=W_p \qquad (20)$$

Ishqalish xisobga olinmasa, faqat konservativ kuchlar ishtirok etsa, tortishish maydonida energiya o'zgarmaydi.

$$W=W_k+W_p=constant \qquad (21)$$

Bu energiya saqlanish qonunidir.

Olam tortishish qonunidan kelib chiqadigan ba'zi xulosalar.

1. Yer massasini aniqlash.

Olam tortishish qonunidan foydalanib, Yer massasini aniqlashni birinchi bo'lib, Nyuton tomonidan taklif etilgan edi. Massasi ma'lum tog' yordamida 1736 yili Buge Yer massasini aniqladi. Yer massasini aniqlashning Joli qo'l-lagan usuli aniqroq natija beradi (146-rasm). Bu usulda richagli tarozining pallalaridan biri (V) ostiga ip yordamida Yana bir palla (V') osilib u shaxtaga tushiriladi. Tarozining ustki pallalariga m massali jismlar qo'yib muvozanat holiga keltiriladi. Lekin o'ng palladagi tosh Yuqori palladan (V) quyidagicha olib qo'yilsa, Yer markazi bilan u jism orasidagi masofa R'=R-ΔR bo'lib qoladi va natijada Yer o'ng tomonni p+q kuch bilan tortadi (bu Yerda q kuch
(og'irlik) ΔR hisobiga paydo bo'ladi).

$$p + q = \gamma \frac{Mm}{(R - \Delta R)^2} \qquad (1)$$

Er radiusi R ga nisbatan ΔR juda kichikligidan (1) ni

$$p + q = \gamma \frac{Mm}{R^2} \qquad (2)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

γ ni aniqlash uchun V' palladagi Yukka m_1 massali Yuk d masofagacha Yaqinlashtiriladi. Tortishish qonuniga ko'ra m va m_1 massali jism orasidagi tortishish kuchi

$$F = \gamma \frac{m_1 m}{d^2} \qquad (3)$$

ifodadan topiladi.

(3) dan γ ni topish uchun

$$\gamma = \frac{F_1 d^2}{m_1 m} \qquad (4)$$

(2) va (4) ifodalardan Yer massasi uchun

$$M = \frac{(p+q)R^2}{\gamma m} = \frac{(p+q)R^2}{\left(\frac{F_1 d^2}{m_1 m}\right) \cdot m} = \frac{(p+q)m_1 R^2}{F_1 d^2} \qquad (5)$$

tenglikni olamiz. Bu usul yordamida Yer massasi uchun $M=6\cdot10^{27}$ g aniqlandi. (*)

Yer radiusi R ga ko'ra uni hajmini aniqlash mumkin. Massa va hajm ma'lum bo'lgach, uning o'rtacha zichligini topish mumkin.

$$\bar{\rho} = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}; \qquad (6)$$

$$\bar{\rho} = 5{,}52 \frac{2}{см^3} = 5{,}52 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$$

Erning ustki qatlamlari zichligi undagi tuproq tarkibiga bog'liq bo'lib, 2,8 g/sm atrofidadir. Markazga Yaqin qatlamlarniki esa R=11-13g/sm^3=11-13·10^{3}kg/m^3.

2. Adams va Levere (1846) XarUran harakatida noaniqlikni sezib, qandaydir noma'lum osmon jismi mavjudligi va uning koordinatalarini aytdilar. Keyinroq Neptunni aniqladilar. 1930 yili shu usulda Pluton sayorasi aniqlandi.
3. Yer shari atrofida Oy aylanganidan Yer-oy tortishish kuchi ta'sirida Yer sharidagi suv sathi oy tomondan tezlanish olsa (Δa>0), teskari tomonda kamayadi (Δa<0). Bundan A nuqtada suv tezlanishi ortib sath oldinga so'rilib, do'nglanadi. S nuqtada esa, orqada qolib sirt do'nglanadi. Natijada suv sathi ko'tariladi yoki unga perpendikulyar joyda satx kamayadi .
4. Tortishish qonunidan foydalanib Kavendish tortishish doimiysini aniqladi.

$$\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{нм}^2}{\text{кг}^2}$$

5. Yer sirtida erkin tushish tezlanishi aniqlandi.

$$g = \gamma \cdot \frac{M_{ер}}{R_{ер}^{\ 2}} \approx 9{,}8 \frac{м}{с^2}$$

6. Tezlanish qiymatiga qarab, Quyosh massasi aniqlanadi.

$$M_{quyosh}=2\cdot10^{30}kg\approx0{,}3\cdot10^{6}M_{er}\approx3\cdot10^{5}M_{er}$$

7. Planetalar harakatidagi noaniqliklardan foydalanib, ularning va boshqa sayyoralarning massalari topiladi. Quyosh massasi boshqa planetalardan juda katta. SHuning uchun massa markazi quyosh olinib, uni qo'zg'almas deb olinadi. Kichik elementar zarralarda olam tortishish qonuni amal qilsada, undagi boshqa kuchlar kattaligidan, tortishish kuchini aniqlash og'irroqdir.

Kosmik tezliklar.

Jism Yer atrofida radiusi Yer radiusi R_{er}=6,37·10^6 m dan kam farq qiladigan aylana orbita bo'ylab harakatlanishi uchun u aniq bir v_1 tezlikka ega bo'lishi kerak: bu v_1 tezlikning kattaligini jism massasining markazga intilma tezlanishga ko'paytmasi jismga ta'sir etuvchi og'irlik kuchiga teng ekanligi shartidan topish mumkin.

$$F_{м\cdot и} = P$$

$$F_{м\cdot и} = \frac{mv^2}{R_{ер}}, \qquad P = mg \qquad (1) \qquad (1,2)$$

$$\frac{mv_1^2}{R_{ер}} = mg \quad \Rightarrow \quad v_1 = \sqrt{gR_{ер}}$$

(2) ifoda bilan aniqlanuvchi v, I kosmik tezlik deyiladi.
Uning qiymati quyidagiga teng.

$$v_1 = \sqrt{gR_{Yer}} = \sqrt{9{,}8\cdot 6{,}4\cdot 10^6\ m/s} = 8\ km/s$$

Tezligi v_1 ga teng jism Yerga tushib ketmaydi, lekin Yer tortish kuchini Yengib u kuch ahamiyatsiz bo'lgan sohaga uzoqlashmaydi. Buning uchun II kosmik tezlikka erishish zarur. 2-kosmik tezlikni topish uchun jismni Yer sirtidan uzoqlashtirish uchun zarur ish topiladi (147-rasm). Markaziy kuch maydonida bajarilgan ish yo'l shakliga bog'liq emas. Yer markazidan o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'ylab dr masofaga ko'chirishdagi ish

$$dA = fdv = \gamma \frac{mM_{ер}}{r_{ер}^2} dv \qquad (3)$$

v=R_{er} dan v≈∞ gacha bajarilgan ish

$$A = \int dA = \int_{R_{ер}}^{\infty} \gamma \frac{mM_{ер}}{r^2} dv = -\gamma \frac{mM_{ер}}{r} = \gamma \frac{M_{ер}m}{R_{ер}} \qquad (4)$$

Og'irlik kuchini P=mg Yerga tortilish kuchiga tenglashtirib

$$mg = \gamma \frac{mM_{ep}}{R_{ep}} \Rightarrow \gamma \frac{mM_{ep}}{R_{ep}} = mgR_{ep}$$

olamiz va buni (4) bilan solishtiri

$$A=mgR_{er} \qquad (5)$$

jism (5) ishni bajarib, Yer tortishish kuchini Yengib ketishi uchun uning energiyasi

$$E = \frac{mv_2^2}{2} = A = mgR_{ep}$$

ga teng bo'lishi kerak.

$$\frac{mv_2^2}{2} = mgR_{ep} \qquad v_2 = \sqrt{2gR_{ep}} = \sqrt{2}v_1 \qquad v_2 = 11\frac{km}{s} \qquad (6)$$

Kosmik fazoni o'zlashtirishda fizika fani va texnika yutuqlari.

Kosmik fazoni o'zlashtirishda Sobiq Sovet ittifoqining Yutuqlari beqiyosdir. U 1957 yili I kosmik tezlikka, 1959 yili II kosmik tezlikka erishdi. 1961 yili esa, Sovet ittifoqi grajdani Yu.Gagarin
kosmosga parvoz etdi. SHu kunda kosmosni zabt etishda Amerika, Xitoy, Hindiston va boshqa mamlakatlarning Yutuqlari bor.Kosmik kemalar yordamida radio, telefon va televizion aloqalar qilish Yerni va boshqa osmon jismlarini o'rganish amalga oshirildi. Oyga va
boshqa sayyoralarga avtomatik stansiyalar Yuborilmoqda, astronavtlar faoliyat ko'rsatmoqdalar.

Kosmik fazoni o'zlashtirish fan va texnika rivojiga turtki bo'lmoqda.

Sinash savollari.

1. Tortishi maydonini harakterlovchi kattaliklarni ayting.
2. Tortishi maydoni uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasini ayting va teoremaning matematik ifodasini tushuntiring.
3. Butun olam tortishish qonunidan kelib chiquvchi xulosalarni bayon eting.
4. I,II,III kosmik tezliklarni tushuntiring.

13- MAVZU: ZARRALAR TO'QNASHUVI. ZARRALARNING O'Z-O'ZIDAN PARCHALANISHI VA SOCHILISHI.

QONUNLARI

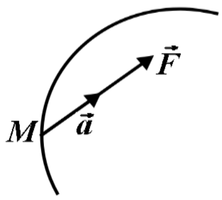
1.Inersiya qonuni. Tashqi muhitdan ajratilgan moddiy nuqta tashqaridan kuch ta'sir etmaguncha o`zining tinch holatini yoki to`g`ri chiziqli va teng o`lchovli harakatini saqlashga intiladi.

Shuni ta'kidlab o`tish kerakki, bitta kuch ta'sirida bo`lgan moddiy nuqta (jism) bir xil vaqt orasida turli masofaga siljiydi va tezligi har xil bo`ladi. Demak, moddiy nuqtalar bitta kuch ta'sirida o`zlarining tezligini tez yoki sekin o`zgartiradi. Bu xususiyat *moddiy nuqtaning inertligi* deyiladi. Moddiy nuqtaning inertlik o`lchovi fizik miqdor bo`lib, u (m) *massa* deb ataladi.

To`g`ri chiziqli va teng o`lchovli harakat moddiy nuqtaning inersiyasi bo`yicha harakatidan iborat. Bu hodisani ta'riflovchi qonun dinamikaning birinchi qonuni deb yuritiladi.

Dinamikaning birinchi qonunini qanoatlantiradigan sanoq sistemasi inersial sistema deyiladi. Inersiya qonuni bajarilmaydigan sanoq sistema inersial bo`lmagan sistema deb ataladi.

Markazi Quyosh bilan ustma-ust tushuvchi, o`qlari esa mos ravishda tanlab olingan yulduzlarga tomon yo`nalgan sanoq sistemaning inersial ekanligi tajribada aniqlangan. Ko`pincha, texnik masalalarni yechishda, Yer bilan mahkam bog`langan sistemaga *inersial sanoq sistemasi* deb qaraladi. Bu holda Yerning o`z o`qi atrofidagi aylanma harakati hamda Quyosh va yulduzlarga nisbatan harakati hisobga olinmaydi.



117-rasm

2. Dinamikaning asosiy qonuni. Moddiy nuqtaning harakatlantiruvchi kuch ta'siridan olgan tezlanishi shu kuch yo`nalishida bo`lib, miqdori mazkur kuch miqdoriga proporsionaldir (117-rasm). Bu qonunning matematik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F} = m\vec{a}, \qquad (62.1)$$

bu yerda $\vec{F}$ - harakatlantiruvchi kuch, m - nuqtaning massasi, $\vec{a}$ - nuqta tezlanishi.

(62.1) vektor tenglama moddiy nuqta dinamikasining asosiy tenglamasi deyiladi. (62.1) formuladan ko`ramizki, muayyan kuch ta'sirida moddiy nuqtaning oladigan tezlanishi faqat kuch kattaligigagina emas, balki nuqta massasiga ham bog`liq.

Agar moddiy nuqta faqat o`zining $G$ og`irlik kuchi ta'sirida Yerga erkin tushsa, $F=G$, $a=g$ bo`lib, (62.1) ifoda

$$G=mg \qquad (62.2)$$

ko`rinishni oladi. Demak, moddiy nuqtaning og`irlik kuchi bilan massasi o`zaro (62.2) tenglik bilan bog`langan ekan.

Agar moddiy nuqtaning og`irlik kuchi aniq bo`lsa, uning massasini (62.2) ga ko`ra

$$m = \frac{G}{g} \qquad (62.3)$$

formuladan topish mumkin.

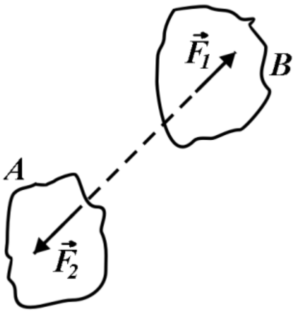
Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da massa birligi qilib *(1kg)*, vaqt birligi qilib sekund (*1s*), uzunlik birligi qilib metr (*1m*) qabul qilingan.

Binobarin, kuch birligi quyidagicha bo`ladi:

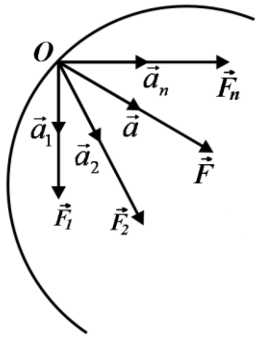
$$[F]=[m]\cdot[a]=kg\cdot\frac{m}{s^2}=N(Nyuton).$$

Demak, massasi *1kg* bo`lgan moddiy nuqtaga $1m/s^2$ tezlanish bera oladigan kuch Nyuton deb ataladi.

3. Ta'sir va aks ta'sir qonuni. Har bir ta'sir o`ziga teng va qarama-qarshi yo`nalishdagi aks ta'sirni vujudga keltiradi. Boshqacha aytganda, ikkita jismning bir-biriga ta'sirilari o`zaro teng va qarama-qarshi yo`nalgan (118-rasm). A jismning B jismga ko`rsatgan ta'siri $\vec{F}_1$ bo`lsa, uchinchi qonunga ko`ra, $B$ ning $A$ ga ko`rsatgan ta'siri $\vec{F}_2=-\vec{F}_1$ bo`ladi. Bu qonundan jismlar muvozanatda degan xulosa kelib chiqmaydi, chunki kuchlar har xil jismlarga qoyilgan. Mazkur qonun ikkita jismning o`zaro ta'sirini xarakterlaydi.



118-rasm



119-rasm

4. Kuchlarning erkinlik qonuni. Moddiy nuqtaning bir qancha kuch teng ta'sir etuvchisi tufayli olgan tezlanishi har qaysi kuchning alohuida ta'siridan hosil bo`lgan tezlanishlarining geometrik yig`indisiga teng, (119-rasm), ya'ni:

$$\vec{a}=\sum_1^n\vec{a}_v . \qquad (62.4)$$

(62.4) tenglikni ikki tomonini m ga ko`paytiramiz:

$$m\vec{a}=\sum m\vec{a}_v .$$

Demak, $$m\vec{a}=\sum\vec{F}_v . \qquad (62.5)$$

(62.5) ifoda bir qancha kuch ta'siridagi moddiy nuqta uchun dinamikaning asosiy tenglamasidir.

(62.5) ifodani (62.1) bilan taqqoslashdan ko`ramizki, moddiy nuqtaga bir necha kuch qo`yilgan bo`lsa, (62.1) dagi $\vec{F}$ ni shu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi deb qarash kerak.

Erkin va erksiz moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi

Dinamika masalalarini ikkita asosiy turga ajratish mumkin. Bu masalalar erkin moddiy nuqta uchun quyidagicha:

Dinamikaning *birinchi asosiy masalasida* moddiy nuqta massasi va uning harakat qonuni berilgan bo`lib, harakatlantiruvchi kuchni topish so`raladi.

Dinamikaning *ikkinchi asosiy masalasi* esa moddiy nuqta massasi va unga ta'sir etuvchi kuch ma'lum bo`lganda, shu kuch ta'siridan hosil bo`ladigan kinematik elementlarni topishdan iborat.

Texnikada erksiz (bog`lanishdagi) moddiy nuqta harakatini tekshirishga doir ko`plab masalalarni yechishga to`g`ri keladi. Bunday hollarda nuqtaga qo`yilgan bog`lanish uni qo`zg`almas sirt yoki chiziq ustida harakat qilishga majbur etadi.

Erksiz moddiy nuqta harakatiga doir masalalarni yechishda mazkur nuqta bog`lanishdan ozod etilib, qo`yilgan bog`lanish reaksiya kuchi bilan almashtiriladi.

Natijada moddiy nuqta dinamikasining asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

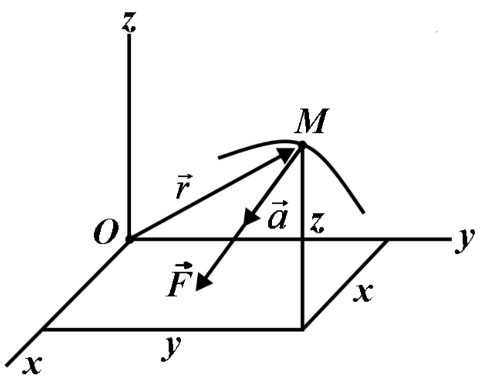
$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N}, \tag{63.1}$$

bu yerda: $\vec{N}$ - bog`lanish reaksiya kuchi.

Demak, *erksiz moddiy nuqta dinamikasining birinchi asosiy masalasida* moddiy nuqta massasi va uning harakat qonuni hamda mazkur nuqtaga ta'sir qiluvchi kuch ma'lum bo`lganda reaksiya kuchi aniqlanadi; ikkinchi masalada esa moddiy nuqta massasi va unga ta'sir etuvchi kuch ma'lum bo`lganda moddiy nuqtaning harakat qonuni bilan reaksiya kuchini aniqlash kerak.

Erkin va erksiz moddiy nuqta harakatining differsial tenglamalari

Erkin moddiy nuqta $\vec{F}$ kuch ta'sirida harakatlanayotgan bo`lsin (120-rasm). Bu holda dinamikaning asosiy tenglamasi (62.1) ko`rinishda yozilar edi.



120-rasm

(62.1) tenglamadagi $\vec{a}$ tezlanish vektorini $\vec{r}$ radius-vektori orqali ifodalaymiz:

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}. \tag{64.1}$$

(64.1) ni (62.1) ga qo`ysak:

$$\vec{F} = m \cdot \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \tag{64.2}$$

kelib chiqadi.

(64.2) tenglama *erkin moddiy nuqta harakati* d*iffensial tenglamasining vektor ifodasidir.*

(64.2) ning Dekart koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi:

$$F_x = m\frac{d^2x}{dt^2}, \quad F_y = m\frac{d^2y}{dt^2}, \quad F_z = m\frac{d^2z}{dt^2},$$
(64.3)

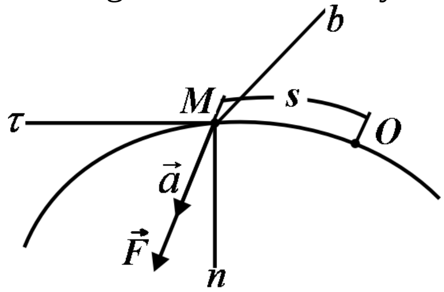
bu ifodalarda F_x, F_y, F_z bilan $\vec{F}$ kuchning koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari belgilangan; x, y, z esa $\vec{r}$ radius-vektorning proyeksiyalari, ya'ni M nuqtaning koordinatalaridir.

(64.3) *tenglamalar egri chiziqli harakatdagi moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining koordinata usulidagi ko`rinishi* deyiladi.

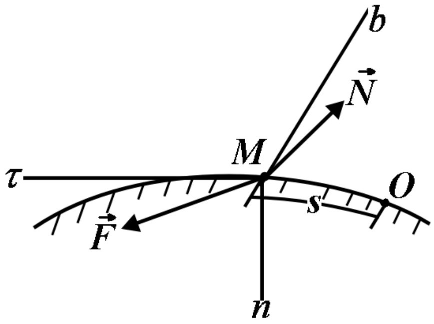
Agar moddiy nuqtaning harakat yo`nalishi bilan kuch yo`nalishi bir to`g`ri chiziq bo`yicha bo`lsa, nuqta harakati to`g`ri chiziqli bo`ladi. Bu holda nuqtaning harakat yo`nalishi uchun Ox o`qni olsak, uning differensial tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$F_x = m\frac{d^2x}{dt^2}. \qquad (64.4)$$

Agar moddiy nuqta harakati Oxy tekislikda bo`lsa, (64.3) tenglamalarning birinchi ikkitasi yoziladi.



121-rasm



122-rasm

(62.1) ning tabiiy koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi (121-rasm):

$$F_\tau = ma_\tau, \quad F_n = ma_n, \quad F_b = ma_b.$$
(64.5)

Kinematikadan ma'lumki:

$$a_\tau = dV/dt, \; a_n = V^2/\rho, \; a_b = 0.$$
(64.6)

(64.6) ni (64.5) ga qo`ysak,

$$F_\tau = mdV/dt, \; F_n = mV^2/\rho, \; F_b = 0$$
(64.7)

kelib chiqadi.

(64.7) tenglamalar moddiy nuqta harakati differsial tenglamalarining tabiiy usulda ifodalanishidir.

Aytaylik, moddiy nuqta qo`zg`almas silliq chiziq ustida harakatlanayotgan bo`lsin (122-rasm).

Sanoq sistemasi boshini O, M nuqtaning egri chiziqli koordinatasini $\breve{OM} = s$ deb qabul qilamiz. Qo`zg`almas silliq chiziqning nuqtaga ta'siri $\vec{N}$ reaksiya kuchi bilan almashtirilib, nuqtani bog`lanishdan ozod etamiz.

Natijada erksiz moddiy nuqta dinamikasining asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F} + \vec{N} = m\vec{a} \quad \text{yoki} \quad \vec{F} + \vec{N} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}. \qquad (64.8)$$

Bu tenglamani Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, erksiz moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining koordinata usulidagi ifodasi kelib chiqadi:

$$F_x + N_x = m\frac{d^2x}{dt^2},\ F_y + N_y = m\frac{d^2y}{dt^2},\ F_z + N_z = m\frac{d^2z}{dt^2}. \qquad (64.9)$$

(64.8) ni tabiiy koordinata o`qlariga proyeksiyalaymiz:

$$F_\tau + N_\tau = m\frac{dV}{dt}, \quad F_n + N_n = m\frac{V^2}{\rho}, \quad F_b + N_b = 0.$$

Qo`zg`almas chiziq silliq bo`lganligi uchun $\vec{N}$ ning urinmadagi proyeksiyasi nolga teng: $N_\tau = 0$.

Demak,

$$F_\tau = m\frac{dV}{dt}, \quad F_n + N_n = m\frac{V^2}{\rho}, \quad F_b + N_b = 0. \qquad (64.10)$$

(64.10) moddiy nuqtaning qo`zg`almas silliq chiziq ustidagi harakati differensial tenglamasini tabiiy usulda ifodalashdan iborat.

Xususiy holda $\vec{F}$ kuch urinma tekislikda yotsa, $F_b = 0$ bo`lib, normal reaksiya trayektoriyaning bosh normali bilan bir yo`nalishda bo`ladi.

Moddiy nuqta dinamikasining birinchi asosiy masalasini yechish

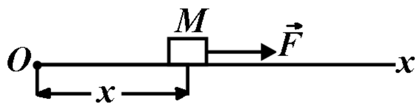
Moddiy nuqtaning harakat qonuni ma'lum bo`lsa, dinamikaning birinchi masalasini oson hal qilish mumkin. Bu masala quyidagi tartibda yechiladi:

1. Agar masala shartida sanoq sistemasi berilmagan bo`lsa, u tanlab olinadi.
2. Moddiy nuqtaga ta'sir qiluvchi kuchlar rasmda tasvirlanadi.
3. Agar nuqta bog`lanishda bo`lsa, u bog`lanishdan qutqariladi va bog`lanish reaksiya kuchlari rasmda ko`rsatiladi.
4. Tanlab olingan sanoq sistemasida moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari tuziladi.

5. Berilgan harakat qonunidan foydalanib moddiy nuqta tezlanishining tanlab olingan sistemadagi proyeksiyalari aniqlanadi.

6. Tezlanishning topilgan proyeksiyalari differensial tenglamalarga qo`yilib noma'lum kuch aniqlanadi.

31-masala. Massasi $m=2kg$ bo`lgan $M$ jism $x=10\sin 2t\,(m)$ qonunga ko`ra $\vec{F}$ kuch ta'sirida to`g`ri chiziqli harakat qilmoqda. $\vec{F}$ kuch modulining eng katta qiymati aniqlansin (123-rasm).



123-rasm

Yechish.Masala shartiga ko`ra $M$ jism to`g`ri chiziqli harakat qiladi. Jismni moddiy nuqta deb qarab, sanoq sistemasi uchun $Ox$ o`qni olamiz (123-rasm). M jismga faqat $\vec{F}$ kuchi ta'sir qiladi.

M jism harakatining differensial tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=F_x. \qquad (65.1)$$

Jismning harakat qonunidan vaqt bo`yicha ikkinchi tartibli hosilani hisoblaymiz:

$$\frac{dx}{dt}=20\cos 2t, \quad \frac{d^2x}{dt^2}=-40\sin 2t.$$

(65.2)

(65.2) ni (65.1) ga qo`ysak:

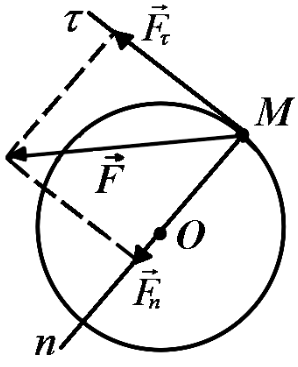
$$F_x=-40m\sin 2t,$$

bu yerda F_x kuch miqdori $\sin 2t=-1$ bo`lganda eng katta qiymatga erishadi.

Demak, $F_x = 80N$ bo`ladi.

3**2-masala**. Massasi $m=1kg$ bo`lgan moddiy nuqta radiusi $r=2m$ bo`lgan aylana bo`ylab $V=2t\ (m/s)$ tezlik bilan harakat qiladi. $t=1$ sekund bo`lganda moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning teng ta'sir etuvchisi topilsin (124-rasm).

Yechish. Sanoq sistemasini 124-rasmdagidek tanlaymiz. Moddiy nuqtaning harakati tabiiy usulda berilgani uchun harakat differensial tenglamalari quyidagicha yoziladi:



124-rasm

$$F_\tau=m\frac{dV}{dt}, \quad F_n=m\frac{V^2}{\rho}. \qquad (65.3)$$

Moddiy nuqta tezligining o`zgarishi qonunidan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\frac{dV}{dt}=2m/s^2.$$

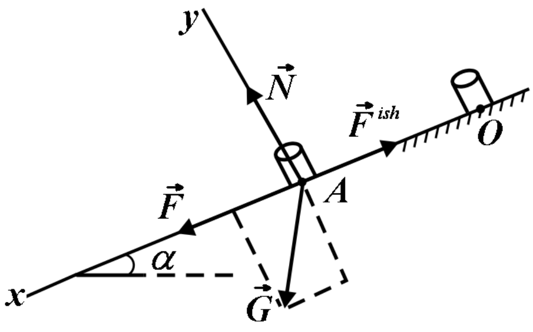
Son qiymatlarni (65.3) ga qo`ysak,

$$F_\tau=2N, \quad F_n=2N,$$

$$F=\sqrt{F_\tau^2+F_n^2}=\sqrt{8}=2\sqrt{2}=2{,}83N$$

kelib chiqadi.

3**3-masala.** Gorizont bilan α burchak hosil qiluvchi qiya tekislikda M massaga ega bo`lgan suvli bak turibdi. Bakdagi suv sirti qiya tekislikka parallel bo`lishi uchun bakni qiya tekislikka parallel bo`lgan qanday $\vec{F}$ kuch bilan harakatga keltirish kerak?



125-rasm

Bakning tagi bilan qiya tekislik o`rtasidagi ishqalanish koeffitsiyenti f ga teng (125- rasm).

Yechish. Bak harakatining yo`nalishi qiya tekislik bo`ylab sodir bo`lgani sababli, $Ox$ o`qni 125-rasmdagidek tanlaymiz. Qo`yilgan masalani hal etish uchun avval suyuqlik zarrachasi harakatini tekshiramiz.

Zarrachaga ta'sir qiluvchi kuch og`irlik kuchi $\vec{g}\Delta m$ va suyuqlik sirtiga perpendikular bo`lgan $\Delta\vec{R}$ bosim kuchidan iborat.

Suyuqlik sirti qiya tekislikka parallel. Suyuqlik zarrachasi uchun dinamikaning asosiy tenglamasi

$$a_S \Delta m = g\sin\alpha \cdot \Delta m$$

bo`ladi. Bu yerda suyuqlik zarrachasining massasi $\Delta m$, tezlanishi esa $a_S$. Suvli bak tezlanishi $a_x$ ham $a_S$ tezlanishga ega bo`lishi kerak. Demak:

$$a_x = a_S = g\sin\alpha. \qquad (65.4)$$

Endi suvli bakni A moddiy nuqta deb qaraymiz. Bakka og`irlik kuchi $\vec{G}$, tortish kuchi $\vec{F}$, ishqalanish kuchi $\vec{F}^{ish}$ hamda qiya tekislikning normal reaksiyasi $\vec{N}$ ta'sir qiladi. Bak harakati to`g`ri chiziqli bo`lgani uchun dinamikaning asosiy tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$Ma_x = \sum F_{vx}, \qquad (65.5)$$

bu yerda: M – suvli bak massasi, a_x — uning tezlanishi.

125-rasmdan:

$$\sum F_{vx} = F - F^{ish} + G\sin\alpha, \quad \text{bu yerda } F^{ish} = fN.$$

N ni topish uchun moddiy nuqta harakati differensial tenglamasining Oy o`qidagi proyeksiyasini tuzamiz:

$$Ma_y = N - G\cos\alpha,$$

$a_y = 0$ bo`lgani uchun $N - G\cos\alpha = 0$; $N = G\cos\alpha$. Shunday qilib, $F^{ish} = fG\cos\alpha$ va

$$\sum F_{vx} = F - fG\cos\alpha + G\sin\alpha. \qquad (65.6)$$

(65.4) va (65.6) ni (65.5) ga qo`yamiz:

$$Mg\sin\alpha = F - fG\cos\alpha + G\sin\alpha. \qquad (65.7)$$

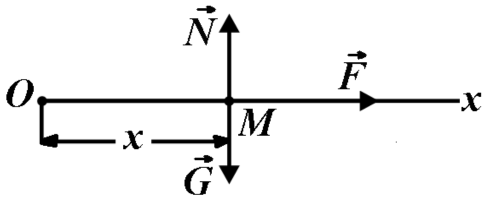
$G=Mg$ bo`lgani uchun (65.7) quyidagi ko`rinishga keladi:

$$Mg\sin\alpha = F - fMg\cos\alpha + Mg\sin\alpha ,$$

bu tenglikdan $F = fMg\cos\alpha$ kelib chiqadi.

3**4-masala**. Bug`doy o`ruvchi kombaynning pichog`i $x = 0{,}05\cos 10\pi t$ qonunga ko`ra to`g`ri chiziqli harakat qiladi (*t*-sekund, *x*-metr hisobida). Pichoqni harakatga keltiruvchi $\vec{F}$ kuch aniqlansin. Pichoq og`irligi *G=100N* . Erkin tushish tezlanishi $g = 10 m/s^2$ deb qabul qilinsin.

Yechish. Masala shartiga ko`ra pichoq to`g`ri chiziqli harakat qiladi. Pichoqni moddiy nuqta deb qarab, sanoq sistemasi uchun $Ox$ o`qni olamiz (126-rasm).



126-rasm

Pichoqning boshlang`ich holati $O$ nuqtada bo`lsin. Pichoqqa og`irlik kuchi $\vec{G}$, harakatga keltiruvchi kuch $\vec{F}$ hamda reaksiya kuchi $\vec{N}$ ta’sir qiladi.

Pichoq harakatining differensial tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = F .$$

(65.8)

Pichoqning harakat qonunidan vaqt bo`yicha hosila hisoblaymiz:

$$\frac{dx}{dt} = -0{,}05\cdot 10\pi\sin 10\pi t = -0{,}5\pi\sin 10\pi t, \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = -5\pi^2\cos 10\pi t .$$

(65.9)

(65.9) ni (65.8) ga qo`ysak,

$$-m\cdot 5\pi^2\cos 10\pi t = F$$

(65.10)

kelib chiqadi.

m=G/g bo`lgani sababli (65.10) quyidagicha yoziladi:

$$F = -5\frac{G}{g}\pi^2\cos 10\pi t .$$

Masala shartidagi berilganlarni e’tiborga olsak,

$$F = -50\pi^2\cos 10\pi t(N)$$

kelib chiqadi.

14-MAVZU: LABORATORIYA VA INERTSIYA MARKAZI SISTEMALARI TUSHUNCHASI. SOCHILISHNING EFFEKTIV KESIMI. REZERFORD FORMULASI

asosiy masalasini yechish

Texnikaga oid ko`pgina masalalarni yechish dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini hal qilishga keltiriladi.

Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasini yechishda nuqtaga qo`yilgan kuch qanday xarakterda o`zgarishiga qarab differensial tenglamalarni yechishning turli usullari qo`llaniladi.

Eng soda hol kuch o`zgarmas bo`lgan holdir. Ba’zi hollarda kuch vaqtning, yoki nuqta holatining, yoki nuqta tezligining funksiyasi bo`lishi mumkin. Shuningdek, kuch bir yo`la vaqt, yo`l, tezlik va hatto tezlanish funksiyasidan iborat hollar ham uchraydi.

Dinamikaning bu asosiy masalasini yechish uchun (64.2), (64.3), (64.7) – (64.10) ko`rinishdagi ikkinchi tartibli differensial tenglamalardan birini tuzish va uni integrallash
kerak. Integrallash natijasida ixtiyoriy o`zgarmaslar hosil bo`ladi.

Har bir aniq masalani yechishda ixtiyoriy o`zgarmaslarni aniqlash kerak. Bu o`zgarmaslarni aniqlashda moddiy nuqtaning boshlang`ich paytdagi holati va tezligini ifodalovchi boshlang`ch shartlardan foydalaniladi.

Dinamikaning ikkinchi asosiy masalasi differensial tenglamalarni yechib, ya’ni funksiyani differensiallashga teskari bo`lgan yo`lni qo`llab hal qilingani uchun u dinamikaning teskari masalasi deb ham ataladi.

Dinamikaning teskari masalasi quyidagi tartibda yechiladi.

1. Agar masala shartida sanoq sistemasi berilmagan bo`lsa, u tanlab olinadi.

2. Rasmda moddiy nuqtaning ixtiyoriy holati belgilanib, unga ta’sir qiluvchi kuchlar tasvirlanadi.

3. Agar nuqta bog`lanishda bo`lsa, uni bog`lanishdan qutqarib, bog`lanish reaksiya kuchlari rasmda ko`rsatiladi.

4. Moddiy nuqta harakatining boshlang`ich shartlari yozib olinadi.

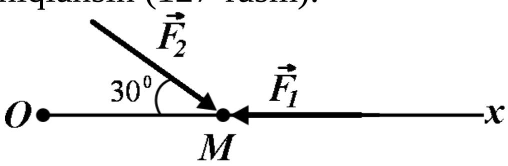
5. Moddiy nuqta harakatining tanlab olingan sanoq sistemasidagi differensial tenglamalari tuziladi.

6. Tuzilgan differensial tenglamalar integrallanadi.

7. Boshlang`ich shartlardan foydalanib integrallash natijasida hosil bo`lgan o`zgarmaslar aniqlanadi.

8. Aniqlangan moddiy nuqtaning harakat tenglamasidan kerak bo`lgan noma’lumlar topiladi.

35-masala. Massasi *m=5kg* bo`lgan moddiy nuqtaga $F_1 = 3N$, $F_2 = 10N$ kuchlar ta’sir qiladi. Moddiy nuqta tezlanishining *Ox* o`qdagi proyeksiyasi aniqlansin (127-rasm).



127-rasm

Yechish. Masala shartiga ko`ra sanoq sistemasi berilgan bo`lib, ta’sir qiluvchi kuchlar rasmda ko`rsatilgan. Moddiy nuqtaning harakati differensial tenglamasining *Ox* o`qidagi proyeksiyasini yozib olamiz:

$$ma_x = m\frac{d^2x}{dt^2} = F_x .$$

(66.1)

127-rasmdan: $F_x = -F_1 + F_2\cos 30^0 .$

(66.2)

(66.2) ni (66.1) ga qo`yamiz:

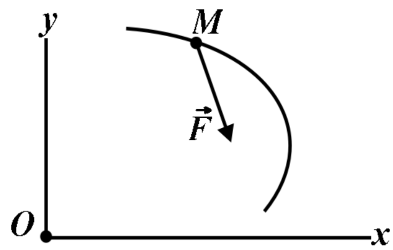
$$ma_x = -F_1 + F_2\cos 30^0 ,$$

bu yerdan: $a_x = \frac{-F_1 + F_2\cos 30^0}{m}$.

Son qiymatlarni qo`ysak, $a_x = 1{,}13\, m/s^2$ kelib chiqadi.

3**6-masala**. Massasi *m=2kg* bo`lgan nuqta *Oxy* tekisligida $F_x = 2\sin 0{,}5\pi t$ , $F_y = 5\cos\pi t$ kuchlar ta'sirida harakat qiladi. Mazkur nuqtaning *t=1* sekunddagi tezligi topilsin (128-rasm). Boshlang`ich paytda nuqta tinch holatda bo`lgan.

Yechish. Masala shartiga ko`ra moddiy nuqta *Oxy* tekisligida harakat qiladi. Shuning uchun sanoq sistemasi 128-rasmdagidek bo`ladi. Mazkur nuqtaga F_x , F_y kuchlar ta'sir qiladi.



128-rasm

Boshlang`ich vaqtda nuqta tinch turgani uchun *x=0, y=0,* $V_x = 0$, $V_y = 0$ bo`ladi.

Moddiy nuqtaning differensial tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = 2\sin 0{,}5\pi t, \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = 5\cos\pi t ,$$

bu yerdan $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{2\sin 0{,}5\pi t}{m}, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{5\cos\pi t}{m}$ yoki

$$\frac{dV_x}{dt} = \frac{2\sin 0{,}5\pi t}{m}, \quad \frac{dV_y}{dt} = \frac{5\cos\pi t}{m}$$

(66.3)

kelib chiqadi.

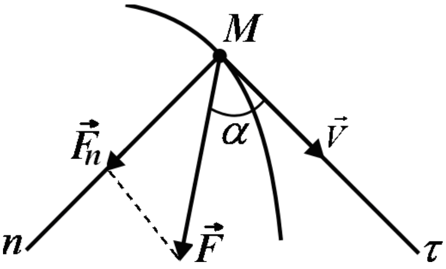
(66.3) ni boshlang`ich shartlardan foydalanib integrallasak:

$$V_x = \frac{-2\cos 0{,}5\pi t}{0{,}5\pi m}, \quad V_y = \frac{5\sin\pi t}{\pi m} .$$

Son qiymatlarni qo`ysak, $V_x = -0{,}64\, m/s$, $V_y = 0$ kelib chiqadi.

3**7-masala**. Massasi *m=16kg* bo`lgan moddiy nuqta tekislikdagi egri chiziqli trayektoriya bo`ylab teng ta'sir etuvchisi *F=0,3t (N)* bo`lgan kuch ta'sirida harakatlanadi. Mazkur kuch tezlik vektori bilan $\alpha = 50^0$ burchak tashkil qiladi. *t=20* sekund bo`lganda egrilik radiusi $\rho = 12m$. Moddiy nuqtaning tezligi aniqlansin (129-rasm).

Yechish. Moddiy nuqta harakatini tabiiy koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshiramiz.



129-rasm

Nuqtaga rasmda ko`rsatilgan $\vec{F}$ kuch ta’sir etadi.

Moddiy nuqta tezligini aniqlash uchun (64.7) tenglamani ikkinchisini tuzamiz:

$$m\frac{V^2}{\rho}=F_n. \qquad (66.4)$$

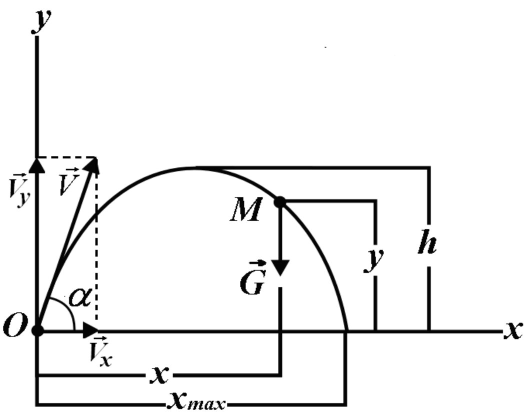
129-rasmdan: $F_n = F\sin 50^0$. (66.5)

(66.5) ni (66.4) ga qo`yamiz: $m\dfrac{V^2}{\rho}=F\sin 50^0$,

bundan $V^2=\dfrac{\rho\cdot F\sin 50^0}{m}$.

Son qiymatlarni qo`sak, $V=1{,}86 m/s$ kelib chiqadi.

3**8-masala.** Don otuvchi apparatdan otilgan bug`doyning boshlang`ich tezligi V_0. V_0 tezlikning gorizont bilan hosil qilgan α burchagi qanday bo`lganda bug`doy eng uzoqqa borib tushadi? Muhit qarshiligi hisobga olinmasin (130-rasm).



130-rasm

Yechish. Bug`doy harakatini Dekart koordinatalari sistemasiga nisbatan tekshiramiz. Koordinatalar boshi $O$ ni $M$ (bug`doy) nuqtaning boshlang`ich otilish holatida olib, $Oxy$ tekislikni $\vec{V}_0$ orqali o`tkazamiz. Bu holda bug`doyning harakati $Oxy$ tekisligida bo`ladi. Bug`doyga faqat og`irlik kuchi ta’sir qiladi.

Boshlang`ich paytda bug`doyning koordinatalari *x=0, y=0;* bug`doy tezligining koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari esa

$$V_x=V_0\cos\alpha,\quad V_y=V_0\sin\alpha.$$

M nuqta harakatining differensial tenglamalari:

$$m\ddot{x}=0,\quad m\ddot{y}=-G \quad \text{yoki} \quad \ddot{x}=0,\quad \ddot{y}=-g. \qquad (66.6)$$

(66.6) ni ikki marta integrallasak,

$$\dot{x}=C_1,\quad x=C_1t+C_2,$$

$$\dot{y}=-gt+C_3,\quad y=-\frac{gt^2}{2}+C_3t+C_4 \qquad (66.7)$$

hosil bo`ladi.

Boshlang`ich shartlarni (66.7) ga qo`ysak,

$$C_1=V_0\cos\alpha,\quad C_2=0;\quad C_3=V_0\sin\alpha,\quad C_4=0$$

kelib chiqadi.

Demak, bug`doy harakatining parametrik tenglamalari

$$x = t \cdot V_0 \cos\alpha \,, \quad y = -\frac{gt^2}{2} + t \cdot V_0 \sin\alpha \qquad (66.8)$$

bo`ladi.

(66.8) tenglamalardan vaqtni yo`qatsak, bug`doy harakatining trayektoriya tenglamasi kelib chiqadi, ya’ni:

$$y = xtg\alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \,. \qquad (66.9)$$

(66.9) parabola tenglamasi bo`lib, uning o`qi Oy o`qiga paralleldir.

Endi bug`doyning eng uzoqqa borib tushish masofasini topamiz. Buning uchun (66.9) ni nolga tenglashtirib,

$$x = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \qquad (66.10)$$

ni hosil qilamiz.

(66.10) dagi x koordinata maksimum bo`lishi uchun $\sin 2\alpha = 1$ , $\alpha = \frac{\pi}{4}$ bo`lishi kerak.

Demak, $$x_{\max} = \frac{V_0^2}{g} \,.$$

Nazorat savollari

1. I.Nyutonning birinchi qonuni qanday ta’riflanadi?
2. I. Nyutonning ikkinchi qonuni qanday ta’riflanadi?
3. I.Nyutonning uchunchi qonuni qanday ta’riflanadi?
4. Kuchning mexanik kattaligi SI (Xalqaro birliklar sistemasi) da qanday birlikda o`lchanadi?
5. Nuqta dinamikasining birinchi masalasini izohlang.
6. Nuqta dinamikasining ikkinchi masalasi qanday ta’riflanadi?
7. SI (Xalqaro birliklar sistemasi) da tezlanish kattaligi qanday birlikda o`lchanadi?
8. SI (Xalqaro birliklar sistemasi) da massa (m) kattaligi qanday birlikda o`lchanadi?
9. Erkin moddiy nuqta harakat differensial tenglamasi nicha xil usulda beriladi?
10. Erkin moddiy nuqta harakatining vektor usuldagi differensial tenglamasi

qanday yoziladi?

11. Erkin moddiy nuqta harakatining Dekart koordinata o`qlaridagi differensial tenglamalari qanday yoziladi?

12. Erkin moddiy nuqta harakatining tabiiy koordinata o`qlaridagi differensial tenglamalari qanday yoziladi?

13. Dinamikada kuch kattaligi qaysi kattaliklarning funksiyasi sifatida keladi?

14. Erkin moddiy nuqta dinamikasining asosiy tenglamasi vektor usulida qanday yoziladi?

15. Bog`lanishdagi moddiy nuqta uchun dinamika asosiy tenglamasi qanday yoziladi?

16. Bog`lanishdagi moddiy nuqta harakatining Dekart koordinata o`qlaridagi differensial tenglamalari qanday yoziladi?

17.Bog`lanishdagi moddiy nuqta harakati differensial tenglamalarining tabiiy koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari qanday yoziladi?

15-MAVZU: CHIZIQLI KICHIK TEBRANISHLAR. BARQAROR (TURG'UN) MUVOZANAT HOLATI. BIR ILCHAMLI ERKIN VA MAJBURIY TEBRANISHLAR.

Qishloq xo`jaligi mashinalarining keng miqyosda ishlatilishi, shuningdek turli transport hamda suv inshootlarining barpo bo`lishi ularning qismlarida hosil bo`ladigan tebranishlarni chuqur o`rganishni talab qiladi.

Mashina va inshoot qismlarining tebranma harakatlarini o`rganish ko`p hollarda moddiy nuqta tebranma harakatini o`rganishga keltiriladi.

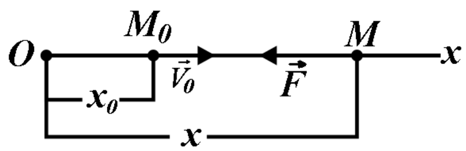
Moddiy nuqtaning tebranma harakati deb shunday harakatga aytiladiki, bunda nuqta muvozanat holatidan goh bir tomonga, goh ikkinchi tomonga navbatma-navbat chetlanadi. Demak, tebranma harakat takrorlanuvchi harakatdir.

Tebranma harakatlar asosan uch turga bo`linadi.

1. Erkin (garmonik) tebranma harakat.
2. So`nuvchi tebranma harakat.
3. Majburiy tebranma harakat.

Moddiy nuqtaning erkin tebranma harakati

Faraz qilaylik, moddiy nuqtaga hamma vaqt uning muvozanat holati tomon yo`nalgan kuch ta’sir qilsin va mazkur nuqta to`gri chiziqli harakatda bo`lsin (131-rasm).



131-rasm

Moddiy nuqta koordinatasining funksiyasi sifatida o`zgaruvchi va muvozanat holatiga qarab yo`nalgan kuch *qaytaruvchi kuch* deb ataladi.

Qaytaruvchi kuch nuqtaning holatiga bog`liq bo`ladi, ya’ni:

$$F = -cx, \tag{67.1}$$

bunda c — moddiy nuqtani uzunlik birligiga ko`chirish uchun zarur bo`lgan kuch bo`lib, bikirlik koeffitsiyenti deyiladi, uning o`lchov birligi *N/m*; *x* – nuqtaning absissasi.

Boshlang`ich paytda *M* nuqtaning absissasi $x_0$, tezligi $V_0$ bo`lsin.

M nuqta harakatining differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = -cx \,, \tag{67.2}$$

bu ifodada

$$k^2 = \frac{c}{m} \tag{67.3}$$

belgilash kiritsak, u quyidagicha yoziladi:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \,. \tag{67.4}$$

(67.4) ning umumiy yechimi quyidagicha bo`ladi:

$$x = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt \,. \tag{67.5}$$

(67.5) dagi C_1 va C_2 o`zgarmaslar boshlang`ich shartlardan foydalanib aniqlanadi:

$$C_1 = \frac{V_0}{k}, \quad C_2 = x_0 \,. \tag{67.6}$$

Shunday qilib, *M* nuqtaning harakati

$$x = x_0 \cos kt + \frac{V_0}{k} \sin kt \tag{67.7}$$

tenglama bilan aniqlanadi.

Moddiy nuqta tebranma harakatini umumiy holda tekshirish qulay bo`lishi uchun $C_1$, $C_2$ o`rniga *a* va α o`zgarmaslarni quyidagicha tanlaymiz:

$$C_1 = a\cos\alpha, \quad C_2 = a\sin\alpha \,. \tag{67.8}$$

(67.8) ni (67.5) ga qo`yib, *M* nuqta harakatini aniqlovchi tenglamani quyidagi ko`rinishga keltiramiz:

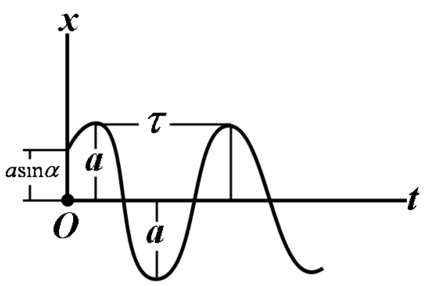
$$x = a\sin(kt+\alpha)\,. \qquad (67.9)$$

(67.8) ifodalarni avval kvadratga ko`tarib qo`shsak, so`ng (67.8) ning ikkinchisini birinchisiga hadlab bo`lamiz va (67.6) ni e'tiborga olsak,

$$a = \sqrt{x_0^2 + \frac{V_o^2}{k^2}}\,, \quad tg\alpha = \frac{x_0 k}{V_0} \qquad (67.10)$$

kelib chiqadi.

(67.9) dan ko`ramizki, moddiy nuqtaning qaytaruvchi kuch ta'siridagi harakati davriy xarakterga ega bo`lgan erkin tebranma harakatdan iborat ekan. Shuning uchun (67.4) formula erkin tebranma harakatning differensial tenglamasi deyiladi. (67.9) tenglama moddiy nuqtaning erkin tebranma harakat qonunini ifodalaydi.



132-rasm

(67.9) tenglamadagi a – nuqtaning muvozanat holatidan eng katta og`ishi, (tebranish amplitudasi), $kt+\alpha$ – tebranish fazasi, $\alpha$ – boshlang`ich faza, k– tebranishning doiraviy takrorligi deyiladi.

Erkin tebranma harakat grafigi 132-rasmda ko`rsatilgan. $\tau$ davr oralig`ida tebranish fazasi 2π ga o`zgarishini hisobga olsak, (67.9) dan quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$k(t+\tau)+\alpha = kt + (\alpha + 2\pi)\,.$$

Bundan erkin tebranma harakat davrini aniqlovchi

$$\tau = \frac{2\pi}{k} \qquad (67.11)$$

formulani hosil qilamiz.

Tebranish davrining teskari qiymati tebranish takrorligi deyiladi; uni ν bilan belgilasak, ta'rifga ko`ra :

$$\nu = \frac{1}{\tau} = \frac{k}{2\pi}\,.$$

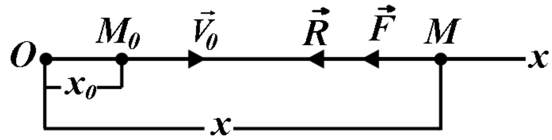
(67.10), (67.11) dan ko`ramizki, tebranish amplitudasi va boshlang`ich faza harakatning boshlang`ich shartlariga bog`liq, tebranish davri, shuningdek, tebranish takrorligi nuqtaning boshlang`ich holatiga bog`liq emas ekan. Binobarin, tebranish davri tebranma harakatdagi nuqtaning o`zgarmaydigan xarakteristikasidir. Tebranish davrini topish uchun tebranma harakatning differensial tenglamasini (67.4) ko`rinishda tuzish va k ni topish kifoya.

Moddiy nuqtaning so`nuvchi tebranma harakati

Massasi m bo`lgan $M$ moddiy nuqta qaytaruvchi kuch va muhitning qarshilik kuchi ta'sirida to`g`ri chiziqli harakatda bo`lsin (133-rasm).

Muhitning qarshilik kuchini moddiy nuqta tezligining birinchi darajasiga proporsional deylik:

$$R = -\mu\ \dot{x}\ .$$
(68.1)



133-rasm

Bu harakatni tekshirish uchun moddiy nuqta harakatining differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = -cx - \mu\ \dot{x}\ . \qquad (68.2)$$

(68.2) ni quyidagi ko\`rinishda yozamiz:

$$m\ddot{x} + \mu\ \dot{x} + cx = 0\ . \qquad (68.3)$$

(68.3) ning ikki tomonini m ga bo\`lib, $\frac{c}{m} = k^2$, $\frac{\mu}{m} = 2b$ deb belgilaymiz. Natijada

$$\ddot{x} + 2b\ \dot{x} + k^2 x = 0 \qquad (68.4)$$

kelib chiqadi.

Boshlang\`ich paytda $M$ nuqta $M_0$ da bo\`lib, uning absissasi x_0, tezligi V_0 bo\`lsin. (68.4) ning yechimini topish uchun xarakteristik tenglama tuzamiz:

$$n^2 + 2bn + k^2 = 0\ .$$

Bu tenglama yechimi

$$n_{1,2} = -b \pm \sqrt{b^2 - k^2}$$

ko\`rinishda bo\`lib, undagi b va k ga nisbatan quyidagi hollar uchrashi mumkin:

1) $k > b$ — qarshilik kuchi qaytaruvchi kuchga nisbatan kichik bo\`lgan hol;
2) $k < b$ — qarshilik kuchi qaytaruvchi kuchga nisbatan katta bo\`lgan hol;
3) $k = b$ – chegara hol.

Bu hollarni alohida-alohida tekshiramiz.

1) $k > b$ bo\`lganda xarakteristik tenglama ildizlari kompleks sondan iborat, ya’ni:

$$n_{1,2} = -b \pm i\sqrt{k^2 - b^2} \quad \text{yoki} \quad n_{1,2} = -b \pm k_1 i\ ,$$

bunda $k_1 = \sqrt{k^2 - b^2}$

Bu holda (68.4) differensial tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha bo\`ladi:

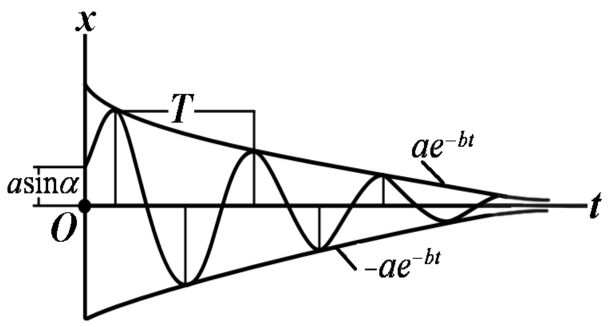
$$x = e^{-bt}(C_1 \sin k_1 t + C_2 \cos k_1 t)\ .$$
(68.5)

(68.5) dagi C_1, C_2 o\`zgarmaslarni (67.8) ko\`rinishda tanlab olsak, (68.5) quyidagicha yoziladi:

$$x = ae^{-bt}\sin(k_1 t + \alpha)\ . \qquad (68.6)$$

(68.6) dagi ae^{-bt} ifoda vaqt o\`tishi bilan nolga intiladi, ya’ni harakat asta-sekin so\`na boradi. Shuning uchun muhitning qarshilik kuchi va qaytaruvchi kuch ta’siridagi nuqtaning harakati kichik qarshiliklar holida so\`nuvchi tebranma harakat bo\`ladi.

(68.4) *so`nuvchi tebranma harakat differensial tenglamasini* (68.5) yoki (68.6) *so`nuvchi tebranma harakat qonunini* ifodalaydi.



134-rasm

So`nuvchi tebranishning grafigi (68.6) tenglamaga asosan, tenglamalari $x = \pm\, ae^{-bt}$ bo`lgan ikki egri chiziq orasida bo`lib, bu egri chiziqlarga urinib o`tadi (134-rasm).

(68.6) dagi a va α o`zgarmaslarni harakatning boshlang`ich shartlaridan foydalanib topamiz.

(68.6) dan hosila olamiz:

$$\dot{x} = -bae^{-bt}\sin(k_1 t + \alpha) + k_1 ae^{-bt}\cos(k_1 t + \alpha)\,. \qquad (68.7)$$

(68.6) va (68.7) ga boshlang`ich shartlarni qo`ysak:

$$x_0 = a\sin\alpha, \quad V_0 = -ab\sin\alpha + ak_1\cos\alpha$$

yoki

$$x_0 = a\sin\alpha, \quad V_0 + bx_0 = ak_1\cos\alpha \qquad (68.8)$$

kelib chiqadi.

(68.8) tenglamalar sistemasini yechsak:

$$a = \frac{1}{k_1}\sqrt{k_1^2 x_0^2 + (V_0 + bx_0)^2}\ , \quad tg\alpha = \frac{k_1 x_0}{V_0 + bx_0} \qquad (68.9)$$

hosil bo`ladi.

(68.6) tenglamada $\sin(k_1 t + \alpha)$ qatnashgani tufayli nuqta harakati davriy xarakterga ega, lekin e^{-bt} nuqtaning to`liq avvalgi holatiga qayta olmasligini ko`rsatadi. Shuning uchun so`nuvchi tebranishning tebranish davri tushunchasini shartli kiritamiz:

$$T = \frac{2\pi}{k_1} = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - b^2}} \qquad (68.10)$$

yoki

$$T = \frac{2\pi}{k\sqrt{1 - (b/k)^2}}\,. \qquad (68.11)$$

(68.11) dagi $\left(\sqrt{1-(b/k)^2}\right)^{-1}$ ifodani qatorga yoyib, *b/k* ning ikkinchi darajadan yuqori bo`lgan darajadagi hadlarini tashlab yuborsak va (67.11) ni e'tiborga olsak,

$$T = \tau\left\{1 + \frac{1}{2}(b/k)^2\right\} \qquad (68.12)$$

kelib chiqadi. Bu ifodadagi *b/k qarshilik koeffitsiyenti* deb ataladi.

(68.12) dan ko`ramizki, $T > \tau$, biroq qarshilik juda kichik bo`lganda so`nuvchi tebranma harakat davri erkin tebranish davridan deyarli farq qilmaydi, ya'ni $T \approx \tau$.

Endi, so`nuvchi tebranma harakat amplitudasining o`zgarishini ko`rib chiqamiz. $M$ nuqta o`zining nuvozanat holatidan ν - maksimal og`ishini $x_\nu$, $\nu+1$ - maksimal og`ishini esa $x_{\nu+1}$ bilan belgilaymiz. Bu og`ishlarga mos kelgan vaqtlar $t_\nu$ va $t_{\nu+1} = t_\nu + T$ bo`lgani uchun (68.6) quyidagicha bo`ladi:

$$x_\nu = ae^{-bt_\nu}\sin(k_1 t_\nu + \alpha),$$

$$x_{\nu+1} = ae^{-b(t_\nu+T)}\cdot\sin(k_1 t_\nu + 2\pi + \alpha) = ae^{-b(t_\nu+T)}\sin(k_1 t_\nu + \alpha),$$

bundan
$$\frac{x_{\nu+1}}{x_\nu} = e^{-bT} \qquad (68.13)$$

kelib chiqadi. (68.13) dan ko`ramizki, $x_{\nu+1}/x_\nu$ nisbat o`zgarmas hamda noldan kichik.

Demak, tebranish amplitudasining har bir T davr o`tishdagi ketma-ket qiymatlari, maxraji $e^{-bT}$ bo`lgan kamayuvchi geometrik progressiyani tashkil qiladi. $D = e^{-bT}$ — *tebranish dekrementi* (so`nish faktori) deyiladi. Tebranish dekrementidan olingan natural logarifmning moduli esa logarifmik dekrement deb ataladi va quyidagicha yoziladi:

$$\ln D = bT, \qquad (68.14)$$

bu yerda: b — so`nish koeffitsiyenti.

2) $k < b$ bo`lgan holda xarakteristik tenglama ildizlari haqiqiy va manfiy bo`ladi, y'ani:

$$n_1 = -b + \sqrt{b^2 - k^2}, \quad n_2 = -b - \sqrt{b^2 - k^2}.$$

Natijada (68.4) differensial tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha yoziladi:

$$x = e^{-bt}\left(C_1 e^{t\sqrt{b^2-k^2}} + C_2 e^{-t\sqrt{b^2-k^2}}\right). \qquad (68.15)$$

(68.15) dan ko`ramizki, $k < b$ hol uchun nuqta harakati davriy xarakterga ega emas. Shuning uchun bu holdagi harakat *aperiodik* (ya'ni davriy bo`lmagan) so`nuvchi harakat deyiladi.

(68.15) dagi C_1, C_2 o`zgarmaslar harakatning boshlang`ich shartlaridan foydalanib aniqlanadi.

(68.15) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\dot{x} = C_1(\sqrt{b^2-k^2} - b)e^{(\sqrt{b^2-k^2}-b)t} - C_2(\sqrt{b^2-k^2} + b)e^{-(\sqrt{b^2-k^2}+b)t}.$$

(68.16)

(68.15) va (68.16) ga boshlang`ich shartlarni qo`ysak:

$$x_0 = C_1 + C_2,$$

$$V_0 = C_1(\sqrt{b^2-k^2} - b) - C_2(\sqrt{b^2-k^2} + b)$$
(68.17)

hosil bo`ladi.

(68.17) dan

$$C_1 = \frac{V_0 + x_0(b + \sqrt{b^2-k^2})}{2\sqrt{b^2-k^2}}, \quad C_2 = \frac{V_0 + x_0(b - \sqrt{b^2-k^2})}{2\sqrt{b^2-k^2}}$$
(68.18)

kelib chiqadi.

(68.18) ni (68.15) ga qo`ysak, $M$ nuqtaning berilgan boshlang`ich shartlarni qanoatlantiruvchi aperiodik harakat tenglamasi hosil bo`ladi:

$$x = \frac{e^{-bt}}{2\sqrt{b^2-k^2}} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \left[V_0 + \left(b + \sqrt{b^2-k^2}\right) \cdot x_0\right] \cdot e^{t\sqrt{b^2-k^2}} - \\ - \left[V_0 + \left(b - \sqrt{b^2-k^2}\right) \cdot x_0\right] \cdot e^{-t\sqrt{b^2-k^2}} \end{array} \right\}.$$
(68.19)

3) $b = k$ da (68.4) differensial tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha bo`ladi:

$$x = e^{-bt}(C_1 + C_2 t). \qquad (68.20)$$

Demak, bu holda ham harakat aperiodik bo`ladi.

(68.20) dan hosila olamiz:

$$\dot{x} = -C_1 b e^{-bt} + C_2 e^{-bt}(-bt + 1).$$
(68.21)

(68.20) va (68.21) ga boshlang`ich shartlarni qo`ysak:

$$x_0 = C_1,$$
$$V_0 = -C_1 b + C_2$$

hosil bo`ladi. Bu tengliklardan

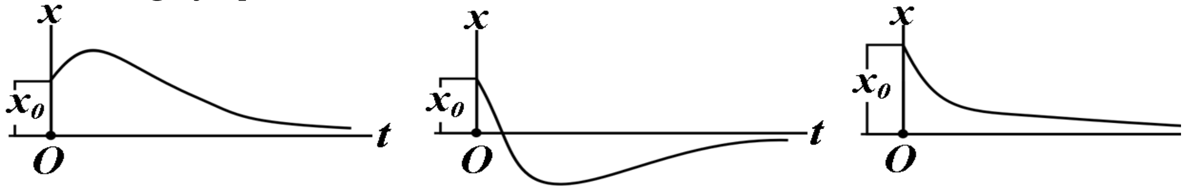
$$C_1 = x_0,$$
$$C_2 = V_0 + b x_0$$

kelib chiqadi.

Demak, $k = b$ bo`lgan holdagi aperiodik harakat tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$x = e^{-bt}\left[x_0 + \left(V_0 + b x_0\right) \cdot t\right]. \qquad (68.22)$$

Keyingi ikki holda moddiy nuqta tebranma harakat qilmay asimtotik ravishda nolga yaqinlashadi.



a *b* *d*

135-rasm

Bunday harakatning grafigi moddiy nuqtaning boshlang`ich holatiga hamda boshlang`ich tezlikning moduli va yo`nalishiga bog`liq. 135-rasmda turli boshlang`ich shartlar uchun $b > k$ holdagi aperiodik harakat grafigi ko`rsatilgan:

a) $x_0 > 0$, $V_0 > 0$; (135-rasm, *a*) .

b) $x_0 > 0$, $V_0 > 0$ lekin, $|V_0| > x_0 \cdot (b + \sqrt{b^2 - k^2})$, $(|V_0| > bx_0)$; (135-rasm, *b*) .

d) $x_0 > 0, V_0 \le 0$ lekin, $|V_0| < x_o \cdot (b + \sqrt{b^2 - k^2})$, $(|V_0| < bx_0)$; (135-rasm, *d*) .

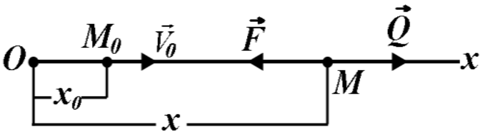
$b = k$ holda ham aperiodik so`nuvchi harakat grafigi 135-rasmda ko`rsatilganiga o`xshash bo`ladi.

16-MAVZU: KO’P ERKINLIK DARAJASIGA EGA SISTEMANING TEBRANISHLARI. NORMAL KOORDINATALAR TUSHUNCHASI.

Moddiy nuqta qaytaruvchi kuch hamda vaqtning uzluksiz funksiyasi sifatida o`zgaruvchi va uyg`otuvchi kuch deb ataluvchi kuch ta’sirida t’g`ri chiziqli harakatda bo`lsin (136-rasm).

Uyg`otuvchi kuch garmonik qonun bo`yicha o`zgarsin ya’ni:

$$Q = Q_0 \sin(pt + \delta) . \qquad (69.1)$$



136-rasm

(69.1) da Q uyg`otuvchi kuchning eng katta qiymati, $p$ - doiraviy takrorligi, $pt+\delta$ - fazasi, $\delta$ — boshlang`ich fazasi. Uyg`otuvchi kuch davri esa $\frac{2\pi}{p}$ ga teng.

Boshlang`ich paytda $M$ nuqta $M_0$ da bo`lib, uning koordinatasi x_o, tezligi V_o bo`lsin.

Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = -cx + Q_0 \sin(pt + \delta) . \qquad (69.2)$$

(69.2) ni quyidagi ko`rinishda yozib olamiz:

$$m\ddot{x} + cx = Q_0 \sin(pt + \delta) .$$

$k^2 = \frac{c}{x}$, $P_0 = \frac{Q}{m}$ belgilashlar kiritsak,

$$\ddot{x} + k^2 x = P_0 \sin(pt + \delta) \qquad (69.3)$$

hosil bo`ladi.

Differensial tenglamalar nazariyasidan ma'lumki, (69.3) differensial tenglama yechimi quyidagicha yoziladi:

$$x = x_1 + x_2 . \qquad (69.4)$$

(69.4) da x_1 bilan bir jinsli

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \qquad (69.5)$$

differensial tenglamaning umumiy yechimi belgilangan; x_2 esa (69.3) ning xususiy yechimidan iborat.

(69.5) differensial tenglamaning umumiy yechimi:

$$x_1 = a\sin(kt + \alpha) \qquad (69.6)$$

ko`rinishda ifodalanishi bizga ma'lum.

(69.3) o`zgarmas koeffitsiyentli chiziqli bir jinsli differensial tenglamaning xususiy yechimini quyidagi ko`rinishda olamiz:

$$x_2 = B\sin(pt + \delta) . \qquad (69.7)$$

(69.7) dagi B koeffitsiyentni aniqlash uchun (69.7) dan vaqt bo`yicha ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$\ddot{x}_2 = -Bp^2 \sin(pt + \delta) . \qquad (69.8)$$

(69.7) va (69.8) ni (69.3) ga qo`yamiz:

$$-Bp^2 \sin(pt + \delta) + k^2 B\sin(pt + \delta) = P_0 \sin(pt + \delta) .$$

Bu ayniyatdan:

$$B = \frac{P_0}{k^2 - p^2} \quad , \quad k \neq p.$$

Natijada (69.7) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$x_2 = \frac{P_0}{k^2 - p^2} \sin(pt + \delta) . \qquad (69.9)$$

(69.9) tenglama bilan aniqlanuvchi harakat *moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati* deyiladi.

Demak, (69.3) ning umumiy yechimi quyidagicha yoziladi:

$$x = a\sin(kt + \alpha) + \frac{P_0}{k^2 - p^2} \sin(pt + \delta) . \qquad (69.10)$$

(69.10) dagi a va α harakatning boshlang`ich shartlaridan foydalanib aniqlanadi.

(69.9) dan ko`ramizki, majburiy tebranma harakat amplitudasi yoki nuqtaning eng katta dinamik siljishi:

$$A = \frac{P_0}{\left|k^2 - p^2\right|} \qquad (69.11)$$

bo`ladi.

(69.11) dan foydalanib, (69.9) ni quyidagi ko`rinishlarda yozish mumkin:

agar $k > p$ bo`lsa, $\qquad x_2 = A\sin(pt + \delta)$,

va agar $k < p$ bo`lsa, $\qquad -A\sin(pt + \delta) = A\sin(pt + \delta - \pi)$,

Bu munosabatlarga binoan $k > p$ bo`lganda majburiy tebranish fazasi uyg`otuvchi kuch fazasi bilan bir xilda bo`ladi; $k < p$ holda esa majburiy tebranish fazasi uyg`otuvchi kuch fazasidan π ga orqada qoladi.

Majburiy tebranish amplitudasi bilan *p/k* nisbat orasidagi bog`lanishni tekshiraylik. Buning uchun (69.11) ni quyidagicha yozamiz:

$$A = \frac{P_0}{k^2 - p^2} = \frac{P_0}{\left(1 - \dfrac{p^2}{k^2}\right)} = \frac{l_{st}}{\left(1 - \dfrac{p^2}{k^2}\right)},$$

(69.12)

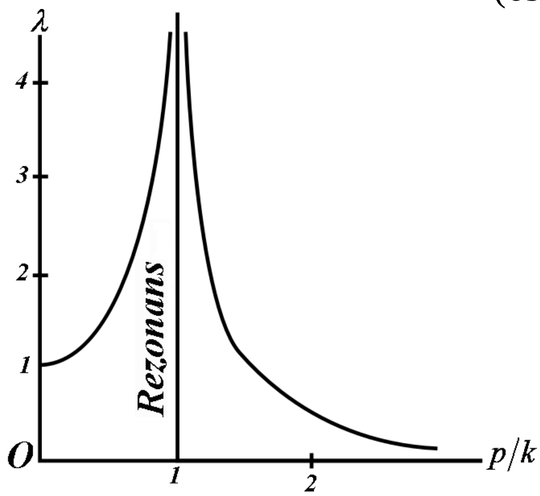
bunda $l_{st} = P_0 / k^2$ bilan moddiy nuqtaning uyg`otuvchi kuch maksimal qiymati Q_0 ta'sirida olgan statik siljishi belgilangan.

(69.11) dan ko`ramizki, majburiy tebranish amplitudasi uyg`otuvchi kuch hamda erkin tebranish doiraviy takrorliklariga bog`liq.

Moddiy nuqta dinamik siljishining statik siljishiga nisbati dinamik koeffitsiyent deyiladi. Uni λ bilan belgilaymiz:

$$\lambda = \frac{A}{l_{st}} = \frac{1}{\left(1 - \dfrac{p^2}{k^2}\right)}.$$

(69.13)



137-rasm

Dinamik koeffitsiyent λ bilan $\frac{p}{k}$ orasidagi (69.13) bog`lanish grafigi 137-rasmda tasvirlangan.

Boshlang`ich shartlar $x = x_0$, $V = \dot{x}_0$ bo`lgan holdagi harakatni tekshirish uchun (69.3) differensial tenglamaning umumiy echimini quyidagi ko`rinishda yozamiz:

$$x = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt + \frac{P_0}{k^2 - p^2}\sin(pt + \delta)$$

. (69.14)

(69.14) dan vaqt bo`yicha hosila

olamiz:

$$\dot{x} = C_1 k\cos kt - C_2 k\sin kt + \frac{P_0 p}{k^2 - p^2}\cos(pt+\delta)\,. \qquad (69.15)$$

Moddiy nuqta harakatining boshlang`ich shartlarini (69.14) va (69.15) ga qo`ysak:

$$x_0 = C_2 + \frac{P_0}{k^2 - p^2}\sin\delta, \quad \dot{x}_0 = C_1 k + \frac{P_0 p}{k^2 - p^2}\cos\delta \qquad (69.16)$$

hosil bo`ladi.

(69.16) dan

$$C_1 = \frac{\dot{x}_0}{k} - \frac{p}{k}\cdot\frac{P_0}{k^2 - p^2}\cos\delta \quad , \quad C_2 = x_0 - \frac{P_0}{k^2 - p^2}\sin\delta$$

kelib chiqadi. Demak, (69.14) quyidagicha yoziladi:

$$x = x_0\cos kt + \frac{\dot{x}_0}{k}\sin kt - \frac{P_0}{k^2 - p^2}\left(\sin\delta\cos kt + \frac{p}{k}\cos\delta\sin kt\right) +$$
$$+ \frac{P_0}{k^2 - p^2}\sin(pt+\delta)\,. \qquad (69.17)$$

(69.17) dan ko`ramizki, $x_0 = 0, \quad \dot{x}_0 = 0$ hamda $p \approx k$ bo`lganda tebranish o`ziga xos ko`rinishga ega bo`ladi.Bu hol “*tepish*” holi deyiladi.

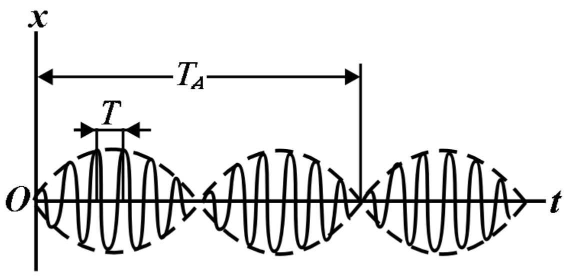
“Tepish” holining tenglamasi:

$$x = \cong \frac{2P_0}{k^2 - p^2}\left[\sin(pt+\delta) - \sin(kt+\delta)\right]$$

yoki

$$x \cong \frac{2P_0}{k^2 - p^2}\sin\frac{p-k}{2}t\cdot\cos(pt+\delta) \qquad (69.18)$$

bo`ladi.



138-rasm

(69.18) tenglama bilan ifodalanadigan harakatning doiraviy takrorligi *p*, davri $T = 2\pi/p$, amplitudasi davriy funksiya sifatida o`zgaruvchi tebranma harakatdan iborat deyish mumkin. Bu tebranish amplitudasi:

$$A(t) = \frac{2P_0}{k^2 - p^2}\sin\frac{p-k}{2}t.$$

Bu amplitudaning davri

$$T_A = \frac{4\pi}{p-k}$$

va u T ga nisbatan ancha katta bo`ladi. (69.18) grafigi 138-rasmda ko`rsatilgan.Majburiy va erkin tebranish doiraviy takrorliklari bir xil bo`lgan *(p=k)* hol *rezonans holi* deb ataladi.

p=k bo`lganda (69.3) differensial tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\ddot{x} + k^2 x = P_0 \sin(kt + \delta).$$

(69.19)

Rezonans holida (69.19) tenglamaning xususiy yechimini quyidagi ko`rinishda aniqlaymiz:

$$x_2 = Bt\cos(kt + \delta).$$

(69.20)

(69.20) dan vaqt bo`yicha ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$\ddot{x} = -2Bk\sin(kt + \delta) - Bk^2 t\cos(kt + \delta).$$

(69.21)

(69.20) va (69.21) ni (69.19) ga qo`ysak:

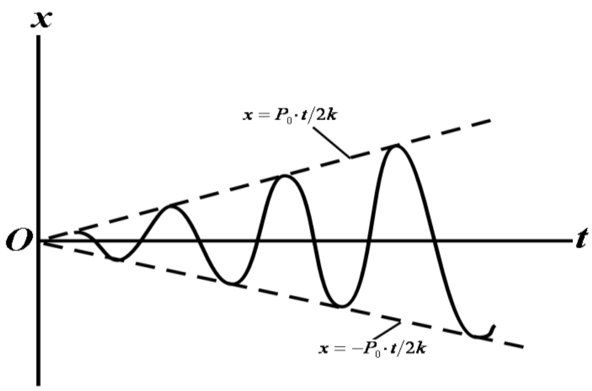
$$-2Bk\sin(kt + \delta) = P_0 \sin(kt + \delta$$

(69.22)

hosil bo`ladi. (69.22) dan:

$$B = -\frac{P_0}{2k}$$

kelib chiqadi.



139-rasm

Demak, (69.19) differensial tenglamaning umumiy yechimi quyidagicha bo`ladi:

$$x = C_1 \sin kt + C_2 \cos kt +$$

$$+ \frac{P_0}{2k} t\sin(kt + \delta - \frac{\pi}{2}) \qquad (69.23)$$

(69.23)dan ko`ramizki, nuqtaning harakati erkin va majburiy tebranishlar yig`indisidan iborat.

Rezonans holdagi majburiy tebranma harakat tenglamasi

$$x_2 = \frac{P_0}{2k} t\sin(kt + \delta - \frac{\pi}{2})$$

(69.24)

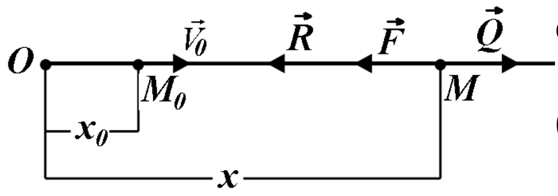
bo`ladi.

(69.24) da $A = \frac{P_0 t}{2k}$ majburiy tebranish amplitudasi, $kt + \delta - \frac{\pi}{2}$ fazasi, *k* esa doiraviy takrorligidan iborat. (69.24) ga binoan, rezonans holatidagi majburiy tebranish fazasi uyg`otuvchi kuch fazasidan $\pi/2$ ga orqada qoladi, amplituda esa vaqtga proporsional o`zgaradi.

(69.24) tenglama bilan aniqlanuvchi harakat grafigi 139-rasmda tasvirlangan.

17-MAVZU: MOLEKULANING TEBRANISHLARI. SO’NUVCHI TEBRANISHLAR. REZONANS. SO’NISH BOR VAQTIDAGI MAJBURISH TEBRANISHLAR

M moddiy nuqta qaytaruvchi, uyg`otuvchi kuchlar hamda muhitning qarshilik kuchi ta’sirida to`g`ri chiziqli harakatda bo`lsin. Boshlang`ich paytda $M$ nuqta $M_0$ da bo`lib, uning absissasi x_0, tezligi V_0 bo`lsin (140-rasm).



140-rasm

Moddiy nuqta harakatining differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = F_x + R_x + Q_x . \qquad (70.1)$$

Bunda

$$F_x = -cx, \quad R_x = -\mu \cdot \dot{x}, \quad Q_x = Q_0 \sin(pt + \delta)$$

bo`lgani uchun (70.1) quyidagicha yoziladi:

$$m\ddot{x} = -cx - \mu \cdot \dot{x} + Q_0 \sin(pt + \delta) . \qquad (70.2)$$

Quyidagi belgilashlarni kiritaylik:

$$2b = \frac{\mu}{m} \quad , \quad k^2 = \frac{c}{m} \quad , \quad P_0 = \frac{Q}{m} .$$

U holda (70.2) tenglama

$$\ddot{x} + 2b\dot{x} + k^2 x = P_0 \sin(pt + \delta) \qquad (70.3)$$

ko`rinishni oladi.

(70.3) tenglama muhit qarshilik kuchi ta’sir etganda *moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakati differensial tenglamasidan* iborat.

(70.3) tenglamaning umumiy yechimi (68.4) tenglama umumiy yechimi bilan (70.3) tenglama xususiy yechimining yig`indisidan iborat, ya’ni:

$$x = x_1 + x_2 ,$$

bu yerda x_1 b va k larning son qiymatlariga qarab (68.6), (68.15) yoki (68.20) ko`rinishida bo`ladi, x_2 esa quyidagicha topiladi:

$$x_2 = D_1 \sin(pt + \delta) + D_2 \cos(pt + \delta) . \qquad (70.4)$$

D_1 va D_2 o`zgarmaslarni aniqlash uchun (70.4) dan vaqt bo`yicha birinchi va ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$\dot{x}_2 = D_1 p \cos(pt + \delta) - D_2 p \sin(pt + \delta) ,$$

$$\ddot{x}_2 = -D_1 p^2 \sin(pt + \delta) - D_2 p^2 \cos(pt + \delta) . \qquad (70.5)$$

(70.4) va (70.5) larni (70.3) ga qo`ysak:

$$-D_1 p^2 \sin(pt+\delta) - D_2 p^2 \cos(pt+\delta) + 2bD_1 p\cos(pt+\delta) -$$
$$-2bD_2 p\sin(pt+\delta) + k^2 D_1 \sin(pt+\delta) + k^2 D_2 \cos(pt+\delta) =$$
$$= P_0 \sin(pt+\delta)$$

(70.6)

hosil bo`ladi.

(70.6) dan:
$$\begin{cases} D_1(k^2-p^2) - 2bpD_2 = P_0\ , \\ 2D_1bp + D_2(k^2-p^2) = 0 \end{cases}$$
(70.7)

kelib chiqadi.

(70.7) tenglamalar sistemasini yechsak:

$$D_1 = \frac{P_0(k^2-p^2)}{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}, \quad D_2 = -\frac{2P_0bp}{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}.$$

(70.8)

Natijada (70.3) differensial tenglamaning xususiy yechimi quyidagi ko`rinishda yoziladi:

$$x_2 = \frac{P_0(k^2-p^2)}{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}\sin(pt+\delta) - \frac{2P_0bp}{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}\cos(pt+\delta).$$

(70.9)

Muhit qarshiligidagi majburiy tebranishni umumiy holda tekshirish qulay bo`lishi uchun $D_1$ va $D_2$ o`zgarmaslar o`rniga $A_q$ va $\beta$ o`zgarmaslarni kiritamiz. Ularni quyidagicha tanlaymiz:

$$D_1 = A_q\cos\beta, D_2 = A_q\sin\beta\ .$$

(70.10)

(70.10) ni avval kvadratga oshirib qo`shsak, so`ngra (70.10) ning ikkinchisini birinchisiga hadlab bo`lsak va (70.8) ni e'tiborga olsak:

$$A_q = \frac{P_0}{\sqrt{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}}\ ,$$

(70.11)

$$tg\beta = \frac{2pb}{k^2-p^2} \qquad (70.12)$$

kelib chiqadi. (70.10) ni (70.4) ga qo`yamiz. U holda

$$x_2 = A_q\sin(\ pt+\delta+\beta) \qquad (70.13)$$

bo`ladi.

Shunday qilib (70.3) differensial tenglamaning umumiy yechimi

1) $b<k$ holda

$$x = ae^{-bt}\sin(\sqrt{k^2-b^2}\cdot t+\alpha) + \frac{P_0\sin(pt+\delta+\beta)}{\sqrt{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}}\ ,$$

(70.14)

1) $b>k$ holda

$$x = e^{-bt}\left(C_1 e^{t\sqrt{b^2-k^2}} + C_2 e^{-t\sqrt{b^2-k^2}}\right) + \frac{P_0 \sin(pt+\delta+\beta)}{\sqrt{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}},$$

(70.15)

3) $b=k$ holda

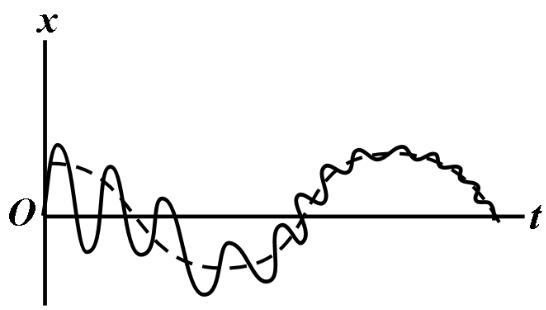
$$x = e^{-bt}(C_1 + C_2 t) + \frac{P_0 \sin(pt+\delta+\beta)}{\sqrt{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}}$$

(70.16)

tenglamalar bilan ifodalanadi va ulardagi a, α, C_1 va C_2 o`zgarmaslar harakatning boshlang`ich shartlaridan foydalanib aniqlanadi.

Muhitning qarshilik kuchi ta’sir etganda moddiy nuqta tebranma harakatining grafigi $b<k$ hol uchun 141-rasmda ko`rsatilgan; bunda majburiy tebranish grafigi punktir chiziq bilan tasvirlangan.

(70.14), (70.15) va (70.16) tenglamalardagi ikkinchi had, ya’ni:



141-rasm

$$x_2 = \frac{P_0 \sin(pt+\delta+\beta)}{\sqrt{(k^2-p^2)^2+4b^2p^2}}$$

(70.17)

muhit qarshilik kuchi hisobga olingan holda moddiy nuqtaning majburiy tebranma harakatini ifodalaydi.

Majburiy tebranish amplitudasi (70.11) tenglikdan aniqlanadi.

Majburiy tebranma harakatning dinamik koeffitsiyenti muhit qarshilik kuchi ta’sir etgan holda quyidagicha:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{(1-p^2/k^2)^2+4b^2p^2/k^4}}.$$

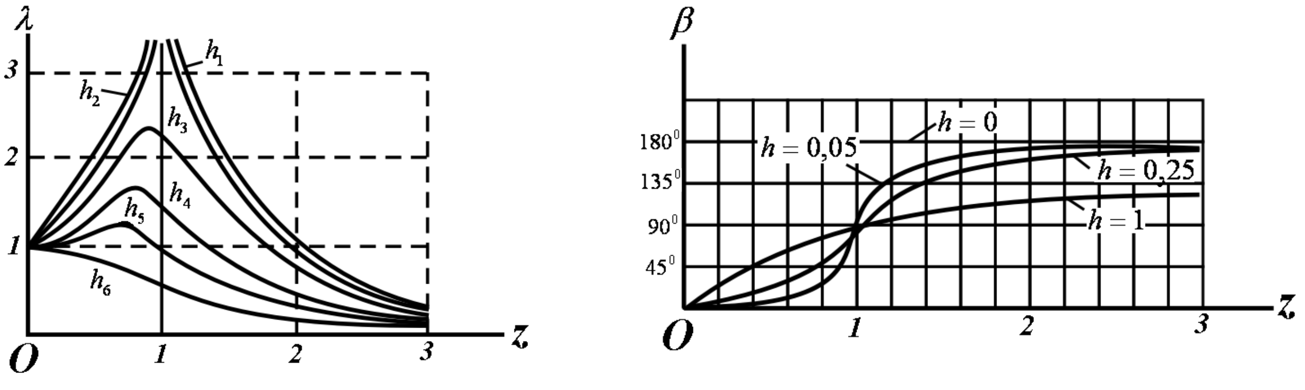
Agar

$$\frac{p}{k} = z, \frac{b}{k} = h \qquad (70.18)$$

deb belgilasak,

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{(1-z^2)^2+4h^2z^2}} \qquad (70.19)$$

bo`ladi. 142-rasm, $a$ da $\lambda$ va $z$ orasidagi bog`lanish grafigi h ning turli qiymatlari uchun ko`rsatilgan.



a *b*

142-rasm

Dinamik koeffitsiyent λ bilan *p/k* nisbat orasidagi bog\`lanishni tekshirish uchun funksiyani tekshirish qoidasidan foydalanamiz.

(70.19) da kvadrat ildiz ostidagi ifodani *y(z)* deb belgilaymiz:

$$y(z) = (1 - z^2)^2 + 4h^2 z^2 \,. \tag{70.20}$$

Bu funksiyaning ekstremumini topish uchun z bo\`yicha hosila olamiz va hosilani nolga tenglashtirib $z \geq 0$ shartni qanoatlantiruvchi kritik nuqtalarni topamiz:

$$z_1 = 0, \; z_2 = \sqrt{1 - 2h^2} \,. \tag{70.21}$$

Endi z_1 =0 uchun (70.20) dan ikkinchi tartibli hosila hisoblaymiz:

$$y''(0) = 4(2h^2 - 1)\,.$$

Agar $2h^2 > 1$ yoki $h > \frac{\sqrt{2}}{2}$ bo\`lsa, $y''(0) > 0$. Shuning uchun $z_1 = 0$ da *y(z)* fuhksiya minimumga erishadi. $\lambda$ esa maksimum qiymatga ega bo\`ladi. Bu hol uchun 142-rasm, *a* dagi $h = h_6$ mos keladi. $h > \frac{\sqrt{2}}{2}$ da $1 - 2h^2 < 0$ va $z_2 = \sqrt{1 - 2h^2}$ mavhum son bo\`lib qoladi. Bu holda *y(z)* funksiyaning ikkinchi ekstremumi bo\`lmaydi. $h < \frac{\sqrt{2}}{2}$ holda $y''(0) < 0$. Natijada λ minimumga erishadi. $h < \frac{\sqrt{2}}{2}$ da $z_2 = \sqrt{1 - 2h^2} > 0$ va $y''(z_2) > 0$ bolib, λ maksimum qiymatini qabul qiladi. $\lambda_{\max}$ ni aniqlash uchun (70.19) dagi z o\`rniga $z_2$ qiymatini qo\`yamiz:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{2h\sqrt{1 - h^2}}\,; \qquad h = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ da } \lambda_{\max} = 1.$$

Demak, $h < \frac{\sqrt{2}}{2}$ bo`lgan holda majburiy tebranish amplitudasi maksimum qiymatga erishadi. Uni aniqlash uchun (70.21) ning ikkinchisiga (70.18) ni qo`yamiz:

$$p = \sqrt{k^2 - 2b^2} \ . \tag{70.22}$$

(70.22) ni (70.11) ga qo`ysak,

$$A_{\max} = \frac{P_0}{2b\sqrt{k^2 - b^2}}$$

(70.23)

kelib chiqadi.

Moddiy nuqtaning tebranma harakatiga muhitning qarshilik kuchi ta'sir etganda majburiy tebranma harakat va uyg`otuvchi kuchning doiraviy takrorliklari ham, tebranish davrlari ham bir hil bo`lib, majburiy tebranish fazasi esa uyg`otuvchi kuch fazasidan β ga farq qiladi. β – fazalar siljisi deb ataladi. Bu siljish (70.12) dan aniqlanadi.

(70.12) tenglik (70.18) ga ko`ra quyidagicha yoziladi:

$$tg\beta = \frac{2bp}{k^2\left(1 - \frac{p^2}{k^2}\right)} = \frac{2hz}{1 - z^2} \ .$$

(70.24)

z=1 holda $tg\beta = \infty$; shuning uchun fazalar siljishi $\beta = \frac{\pi}{2}$ bo`ladi.

z=0 bo`lganda $tg\beta = 0$. Bu holda kichik takrorlikdagi majburiy tebranish ($p<k$) uchun $\beta = 0$, katta takrorlik ($p> k$) da esa $\beta = \pi$.

(70.24) dan ko`ramizki, fazalar siljishi $z$ hamda qarshilik koeffitsiyenti $h$ ga bog`liq. β bilan z orasidagi munosabat grafigi h ning har xil qiymatlari uchun 142-rasm, b da ko`rsatilgan.

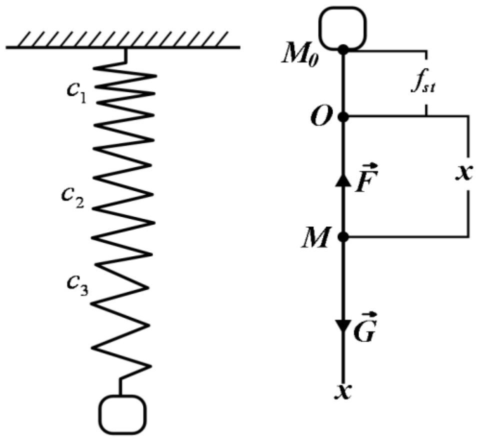
18-MAVZU NOCHIZIQLI TEBRANISHLAR. ADIABATIK INVARIANTLAR. PARAMETRIK REZONANS. TEZ TEBRANIB O'ZGARUVCHI MAYDONDAGI HARAKAT.

Moddiy nuqtaning tebranma harakatiga oid masalalar qyuidagi tartibda yechiladi.

1. Moddiy nuqtaning statik muvozanat holati koordinata boshi deb qabul qilinib, harakat yo`nalishi bo`yicha koordinata o`qi yo`naltiriladi
2. Moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar rasmda tasvirlanadi.
3. Moddiy nuqta harakatining boshlang`ich shartlari aniqlab olinadi.
4. Moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasi tuziladi.
5. Tuzilgan differensial tenglama turiga qarab uning yechimi yoziladi.

6. Topilgan yechim fizik nuqtayi nazardan tahlil etilib, kerakli noma’lumlar aniqlanadi.

39-masala. Bikirliklari $c_1 = 2\,N/m$, $c_2 = 4\,N/m$, $c_3 = 6\,N/m$ bo`lgan uchta ketma-ket ulangan prujinaga yuk osilgan. Mazkur prujinalar uchun ekvivalent prujinaning bikirlik koeffitsiyenti aniqlansin **(**143**-** rasm).



143-rasm

Yechish. Yukning statik muvozanat holatini, ya’ni yukning og`irlik kuchi bilan prujinalar elastiklik kuchi muvozanatlashadigan nuqtani koordinata boshi deb olamiz. *Ox* o`qni harakat yo`nalishi bo`yicha vertikal pastga yo`naltiramiz.

Bikirliklari turlicha bo`lgan uchta prujinani ularga ekvivalent bitta prujina bilan almashtiramiz. Ekvivalent prujinaning bikirlik koeffisientini aniqlash uchun $M$ yukning prujinalarga ta’sirini tekshiramiz. Yuk ta’sirida uchchala prujina cho`ziladi.

M yuk tinch holatda bo`lganda uning og`irligi prujinalarning elastiklik kuchi bilan muvozanatlashadi hamda

$$G = c_1 f_{1st}, \qquad G = c_2 f_{2st}, \qquad G = c_3 f_{3st}, \qquad G = c_{ekv} f_{st} \quad , \tag{71.1}$$

bundan $f_{1st} = \dfrac{G}{c_1}$, $f_{2st} = \dfrac{G}{c_2}$, $f_{3st} = \dfrac{G}{c_3}$ kelib chiqadi.

Prujinalar ketma-ket ulangani uchun ularning umumiy statik cho`zilishi uchchala prujina cho`zilishining yig`indisiga teng:

$$f_{st} = f_{1st} + f_{2st} + f_{3st}$$

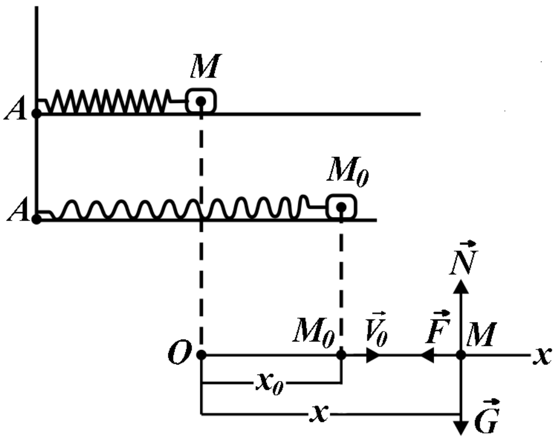
yoki

$$f_{st} = \frac{G}{c_1} + \frac{G}{c_2} + \frac{G}{c_3}.$$

Son qiymatlarni qo`ysak: $f_{st} = \dfrac{11G}{12} = \dfrac{11mg}{12}$.

(71.1) dan $c_{ekv} = \dfrac{G}{f_{st}} = \dfrac{mg}{f_{st}}$ yoki $c_{ekv} = \dfrac{12mg}{11mg} = 1{,}09\,N/m$ kelib chiqadi.

40-masala. Og`irligi G=100*N* bo`lgan *M* jism silliq gorizantal tekislikda turadi. Bu jism prujinaga biriktirilgan. Prujina esa *A* nuqtaga mahkamlangan (144-rasm). *M* jism o`ng tomonga $x_0$ =0,05*m* masofaga surilib *V =1m/s* boshlang`ich tezlik bilan qo`yib yuborilgan. Prujinaning bikirlik koeffitsiyenti $c=10^4$ N/m. M jism tebranma harakatining tenglamasi tuzilsin hamda tebranish davri aniqlansin.



144-rasm

Yechish. Sanoq sistemasini 144-rasmda ko`rsatilganidek tanlaymiz. M jismni moddiy nuqta desak, unga ogirlik kuchi $\vec{G}$, silliq sirtning reaksiya kuchi $\vec{N}$ hamda prujinani elastiklik kuchi $\vec{F}$ ta'sir qiladi.

Boshlang`ich paytda $x_0 = 0{,}05m$, $V_0 = 1m/s$ . $F_x = -cx$ bo`lgani uchun M nuqtaning harakati differensial tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0 \,,$$

bunda $k = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = \sqrt{\dfrac{cg}{G}} = 31{,}4 s^{-1}$

M nuqta harakati differensial tenglamasining boshlang`ich shartlarni qanoatlantiruvchi yechimi (67.7) ga ko`ra quyidagicha bo`ladi:

$$x = (0{,}05\cos 31{,}4t + \frac{1}{31{,}4}\sin 31{,}4t) \; m$$

yoki
$$x = (0{,}05\cos 31{,}4t + 0{,}03\sin 31{,}4t) \; m.$$

M jism tebranma harakatining tebranish davri (67.11) ga binoan

$$\tau = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\cdot 3{,}14}{31{,}4} = 0{,}2 \;\; \mathbf{s}$$

bo`ladi.

4**1-masala.** Moddiy nuqta $x = e^{-0{,}05t}(0{,}3\cos 5t + 0{,}5\sin 5t)$ qonunga ko`ra tebranma harakat qiladi. Mazkur nuqta harakat qonunini $x = ae^{-bt}\sin(k_1 t + \alpha)$ ko`rinishda yozish uchun a qanday bo`lishi kerakligi aniqlansin.

Yechish. Masala shartidagi tebranma harakat qonunidan:

$$C_1 = 0{,}3 \,,\; C_2 = 0{,}5. \qquad (71.2)$$

Bizga ma'lumki, (71.2) dagi C_1 va C_2 o`zgarmaslar (67.8) ga asosan quyidagicha aniqlanar edi:

$$C_1 = a\sin\alpha, \quad C_2 = a\cos\alpha \,. \qquad (71.3)$$

(71.2) ni (71.3) ga qo`ysak:

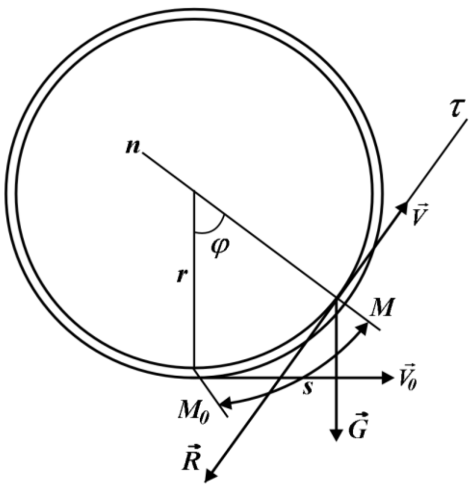
$$\begin{cases} 0{,}3 = a\sin\alpha \,, \\ 0{,}5 = a\cos\alpha \,. \end{cases}$$

Bu tengliklarni kvadratga ko`tarib, hadma-had qo`shsak:

$0{,}3^2 + 0{,}5^2 = a^2$,

bundan $a = \sqrt{0{,}09 + 0{,}25} = 0{,}583$ kelib chiqadi.

42-masala. Radiusi *r=49 sm* bo`lgan, vertikal tekislikda yotuvchi truba ichida $M$ sharcha joylashgan. Sharchaga tezlikning birinchi darajasiga proporsional bo`lgan qarshilik kuchi *R=4mV* ta'sir qiladi. Sharchaning muvozanat holatidan chetga chiqishi juda kichik, boshlang`ich tezligi *V=20sm/s* deb hisoblanib, uning harakat tenglamasi tuzilsin *(g=980 sm/s²)*.



145-rasm

Yechish. Masala shartiga ko`ra og`ir moddiy nuqta vertikal tekislikda radiusi r bo`lgan truba ichida tebranadi (145-rasm). Bu masalani yechish uchun $M\tau n$ tabiiy koordinata sistemasini tanlab olamiz. $M$ moddiy nuqtaga og`irlik kuchi $\vec{G}$, qarshilik kuchi $\vec{R}$ ta'sir qiladi.

M_0 nuqtani sanoq boshi deb olsak,

$$s_0 = 0,\ V_0 = 20 sm/s.$$

M moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasi quyidagicha bo`ladi:

$$m\frac{dV}{dt} = R_\tau + G_\tau \quad \text{yoki}$$

$$m\frac{dV}{dt} = -4mV - G\sin\varphi .$$

φ juda kichik bo`lgani sababli $\sin\varphi \approx \varphi$.

Natijada: $m\frac{dV}{dt} = -4mV - mg\varphi$ kelib chiqadi.

Oxirgi tenglikni quyidagicha yozib olamiz:

$$\frac{dV}{dt} = -4V - g\frac{r\varphi}{r} . \tag{71.4}$$

$s = r\varphi, \quad V = \dot{s}$ bo`lgani sababli (71.4) quyidagi ko`rinishni oladi:

$$\ddot{s} + 4\dot{s} + \frac{g}{r}s = 0 . \tag{71.5}$$

$b = 2, \quad k^2 = \frac{g}{r}$ belgilashlarni kiritib (71.5) tenglamani quyidagicha ifodalaymiz:

$$\ddot{s} + 2b\dot{s} + k^2 s = 0 \tag{71.6}$$

$k = \sqrt{\dfrac{g}{r}} = \sqrt{20}s^{-1}$, binobarin, $k > b$ bo`lgani uchun (71.6) tenglamaning echimi (68.6)ga ko`ra aniqlanadi:

$$x = ae^{-bt}\sin(\sqrt{k^2 - b^2}\,t + \alpha),$$

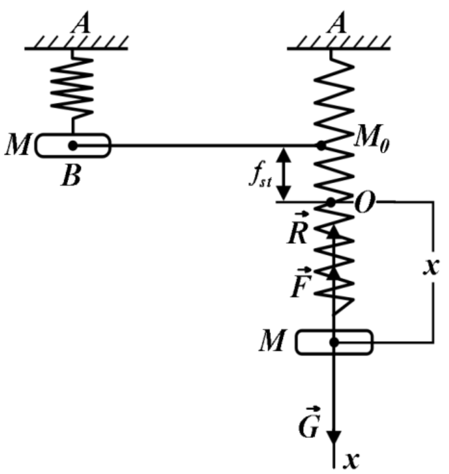
bundagi a va α (68.9) formulalardan topiladi:

$$a = \sqrt{\frac{(k^2 - b^2)s_0^2 + (V_0 + bs_0)^2}{k^2 - b^2}} = 5 \quad sm,$$

$$tg\alpha = \frac{s_0\sqrt{k^2 - b^2}}{V_0 + bs_0} = 0, \quad \alpha = 0.$$

Shunday qilib, M nuqta $s = 0{,}05e^{-2t}\sin 4t$ m qonun bilan so`nuvchi tebranma harakat qiladi.

43-masala. m massali M jism bikirlik koeffitsiyenti c bo`lgan $AB$ prujina $B$ uchiga osilgan. $M$ jism ta'sirida prujinaning statik cho`zilishi f_{st} ga teng. Jismga muhitning qarshilik kuchi $R = 2\sqrt{mc}\dot{x}$ ta'sir qiladi. Boshlang`ich paytda $M$ jism o`zining statik muvozanat holatida bo`lib, tezligi V_0 ga teng (146-rasm). M jismning harakat qonuni aniqlansin.



146-rasm

Yechish. Sanoq sistemasining boshini M jismning statik muvozanat holati bo`lgan $O$ nuqtada olamiz. $Ox$ o`qni vertikal pastga yo`naltiramiz. Jismni moddiy nuqta deb qaraymiz. Bu nuqtaga og`irlik kuchi $\vec{G}$, prujinaning elastiklik kuchi $\vec{F}$, muhitning qarshilik kuchi $\vec{R}$ ta'sir qiladi. Boshlang`ich paytda $x_0 = 0, \dot{x} = V_0$. M moddiy nuqtaning harakat differensial tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$m\ddot{x} = G - c\,(x + f_{st}) - 2\sqrt{mc}\,\dot{x}\,. \qquad (71.7)$$

M nuqtaning statik muvozanat holatida $G = c\,f_{st}$ bo`lgani uchun (71.7) quyidagi ko`rinishni oladi:

$$m\ddot{x} + 2\sqrt{mc}\,\dot{x} + c\,x = 0$$

yoki

$$\ddot{x} + 2\sqrt{\frac{c}{m}}\,\dot{x} + \frac{c}{m}x = 0,$$

bunda

$$k^2 = \frac{c}{m}, \quad 2\sqrt{\frac{c}{m}} = 2b$$

(71.8)

belgilashlar qabul qilsak,

$$\ddot{x} + 2b\,\dot{x} + k^2\,x = 0 \qquad (71.9)$$

hosil bo`ladi.

(71.8) dan ko`ramizki, $c$ va $m$ ning har qanday qiymatlari uchun $b=k$. Binobarin (71.9) differensial tenglama yechimi (68.22) ko`rinishda bo`ladi:

$$x = e^{-bt}\left[x_0 + (V_0 + bx_0)t\right].$$

(71.10)

(71.10) ga boshlang`ich shartlar va $k = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = \sqrt{\dfrac{g}{f_{st}}}$ ni qo`ysak, M jismning harakat qonuni kelib chiqadi:

$$x = V_0 t e^{-t\sqrt{g/f_{st}}}.$$

44-masala. Massasi $m = 3\,kg$ bo`lgan jism prujinaga osilgan bo`lib, unga vertikal ravishda uyg`otuvchi kuch $Q = 10\sin 5t$ ta’sir qiladi. Dinamik koeffitsiyent $\lambda = 4.$ Prujinaning bikrlik koeffitsiyenti topilsin.

Yechish. Mazkur masalani moddiy nuqta harakat diffirensial tenglamasini tuzmasdan hal etish mumkin. Buning uchun (69.13) dan foydalanamiz:

$$\lambda = \frac{1}{1 - \dfrac{p^2}{k^2}}, \quad k^2 = \frac{e}{m},$$

bundan: $k^2 = \dfrac{p^2\lambda}{\lambda - 1}$ yoki $\dfrac{c}{m} = \dfrac{p^2\lambda}{\lambda - 1}$ kelib chiqadi.

(71.11)

(71.11) dan: $$c = m\frac{p^2\lambda}{\lambda - 1}.$$

(71.12)

Masala shartiga ko`ra uyg`otuivchi kuch $Q = 10\sin 5t$ bo`lib, $p = 5$.

(71.12) ga son qiymatlarni qo`ysak, $c = 100\,N/m$ kelib chiqadi.

45-masala. Moddiy nuqtaning harakat diffirensial tenglamasi $\ddot{x} + 81x = 12\sin 5t.$ Majburiy tebranma harakat amplitudasi aniqlansin.

Yechish. Mazkur masalani hal etishda (69.11) dan foydalanamiz:

$$A = \frac{P_0}{\left|k^2 - p^2\right|}.$$

Masala shartidagi moddiy nuqta harakat diffirensial tenglamasidan:

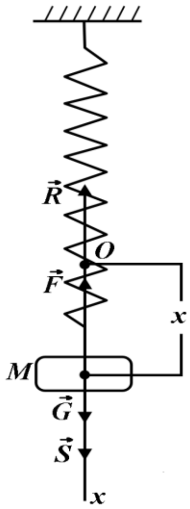
$$P_0 = 12, \quad k^2 = 81, \quad p = 5.$$

Natijada

$$A = \frac{12}{81 - 25} = \frac{12}{56} = \frac{3}{14} = 0{,}214$$ (uzun.bir) bo`ladi.

46-masala. Bikirlik koeffitsiyenti c=4000 N/m bo`lgan prujinaga og`irligi G=20 N bo`lgan $M$ jism osilgan (147-rasm). Moddiy nuqta deb qaraluvchi bu jismga davriy ravishda o`zgaruvchi $S = 117{,}72\sin pt\,N$ uyg`otuvchi kuch va tezlikning birinchi darajasiga proporsional bo`lgan

$R = 5\sqrt{mc}\dot{x}\ N$ qarshilik kuchi ta’sir qiladi ($m-$jism massasi). Uyg`otuvchi kuchning doiraviy takrorligi $p$ qanday bo`lganda majburiy tebranish amplitudasi A eng katta qiymatga erishadi?



147-rasm

Yechish. Sanoq sistemasining boshi qilib jismning statik muvozanat holatini olamiz. Ox o`qni vertikal bo`yicha harakat yo`nalishi tomon yo`naltiramiz.

M nuqtaga $\vec{G}$ og`irlik kuchi, $\vec{F}$ qaytaruvchi kuch, $\vec{R}$ qarshilik kuchi hamda $\vec{S}$ uyg`otuvchi kuch ta’sir qiladi.

M nuqtaning harakat differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{x} = G - c(x + f_{st}) - 5\sqrt{mc}\dot{x} + 117{,}72\sin pt.$$

Bu ifodaning har ikki tomonini m ga bo`lib, $G = cf_{st}$ ni e’tiborga olsak, u

$$\ddot{x} + 0{,}5\sqrt{c/m}\dot{x} + \frac{c}{m}x = \frac{117{,}72}{m}\sin pt \qquad (71.13)$$

ko`rinishga keladi.

$$0{,}5\sqrt{c/m} = 2b, \quad \frac{c}{m} = k^2, \quad \frac{117{,}72}{m} = P_0 \qquad (71.14)$$

belgilashlar olinsa, (71.13) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\ddot{x} + 2b\dot{x} + k^2x = P_0\sin pt.$$

(71.14) ga son qiymatlarni qo`ysak,

$$b = 11{,}06c^{-1},\ k = 44{,}2c^{-1},\ P_0 = 58{,}8\frac{m}{s^2} \qquad (71.15)$$

kelib chiqadi.

Masala shartidagi noma’lumlarni aniqlash uchun (71.13) differensial tenglamaning yechimini aniqlash shart emas.

(70.18) ga ko`ra $b/k = h;$ bundan $h = \frac{11{,}06}{44{,}2} \approx 0{,}3 < \frac{\sqrt{2}}{2}$ bo`ladi. Bu holda uyg`otuvchi kuch doiraviy takrorligi (70.22) formuladan, majburiy tebranish amplitudasining maksimum qiymatga esa (70.23) formuladan foydalanib aniqlanadi.

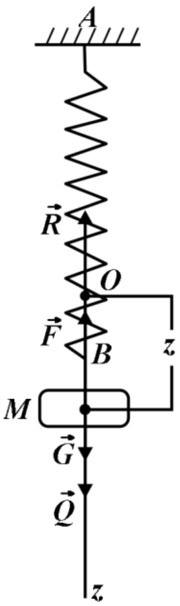
(71.15) ni (70.22) va (70.23) ga qo`ysak,

$$p = \sqrt{k^2 - 2b^2} = \sqrt{1960 - 242} = 41{,}5\ 1/s \quad , \quad A_{\max} = \frac{P_0}{2b\sqrt{k^2 - b^2}} = 0{,}0321m$$

kelib chiqadi.

47-masala. m massali M jism bikirlik koeffitsiyenti c bo`lgan $AB$ prujina uchiga osilgan. Jismga $Q_z = H\sin\sqrt{\frac{c}{m}}t$ uyg`otuvchi kuch hamda muhitning qarshilik kuchi $R = -\mu\dot{z}$ ta'sir qiladi. Jism majburiy tebranma harakatining qonuni hamda majburiy tebranish amplitudasi aniqlansin (148-rasm).

Yechish. Jismning statik muvozanat holatini sanoq sistemasining boshi qilib olamiz. Oz o`qni vertikal bo`ylab, nuqta harakati tomon yo`naltiramiz. Jismni moddiy nuqta deb qarasak, unga og`irlik kuchi $\vec{G}$, uyg`otuvchi kuch $\vec{Q}$, qaytaruvchi kuch $\vec{F}$ va muhit qarshilik kuchi $\vec{R}$ ta'sir qiladi.



148-rasm

Masalani yechish uchun M nuqta harakatining differensial tenglamasini tuzamiz:

$$m\ddot{z} = G - c\,(z + f_{st}) - \mu\dot{z} + H\sin\sqrt{\frac{c}{m}}\,t\,.$$

Bu yerda $G = c\,f_{st}$ bo`lishini e'tiborga olib,

$$b = \frac{\mu}{2m}\ ,\ k = p = \sqrt{\frac{c}{m}}\ ,\ P_0 = \frac{H}{m}$$

(71.16)

belgilashlar kiritsak, differensial tenglama

$$\ddot{z} + 2b\,\dot{z} + k^2\,z = P_0\sin\ pt$$

17)

ko`rinishni oladi.

Jismning majburiy tebranma harakati tenglamasini aniqlash uchun (71.17) ning xususiy yechimini topish kerak. U (70.13) tenglama yordamida aniqlanadi:

$$x_2 = A_q\sin(pt + \beta)\ .$$

(71.18)

Bu ifodadagi A_q va β (70.11) hamda (70.12) formulalardan foydalanib topiladi.

(71.16) ni (70.11) va (70.12) ga qo`ysak,

$$A_q = \frac{H}{\mu}\sqrt{\frac{m}{c}}\ ,\ \beta = \frac{\pi}{2}$$

kelib chiqadi.

Demak, M jism majburiy tebranma harakati

$$z = \frac{H}{\mu}\sqrt{\frac{m}{c}}\sin\left(\sqrt{\frac{c}{m}}\,t + \frac{\pi}{2}\right)$$

tenglama bilan ifodalanadi.

Nazorat savollari

1.Tebranma harakat deb qanday harakatga aytiladi?

2. Tebranma harakatni izohlaydigan qanday asosiy parametrlar bor?
3. Davr deb nimaga aytiladi?
4. Takrorlik deganda nimani tushunasbz?
5. Faza deb nimaga aytiladi?
6. Tebranma harakat necha xil bo`ladi?
7. Erkin tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
8. Qanday harakat majburiy tebranma harakat deyiladi?
9. So`nuvchi tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
10. $\ddot{x} - k^2 x = 0$ formulada k^2 bilan qanday nisbat belgikangan?
11. Tebranma harakat amplitudasi deb nimaga aytiladi?
12. Moddiy nuqta garmonik tebranma harakati tenglamasini yozing.
13. Rezonans hodisasini izohlang.
14. Majburiy tebranma harakat differensial tenglamasini yozing.
15. Moddiy nuqta erkin tebranma harakatining differensial tenglamasini yozing.
16. Moddiy nuqta so`nuvchi tebranma harakatining differensial tenglamasini yozing.
17. Qarshilik kichik ($b<k$) bo`lganda so`nuvchi tebranma harakat qonuni qanday yoziladi?
18. Moddiy nuqta majburiy tebranma harakatining (muhitni qarshiligi hisobga olinmagan holdagi) differensial tenglamasini yozing.
19. Moddiy nuqta majburiy tebranma harakat (muhit qarshiligi hisobga olinmagan holdagi) qonunini yozing.
20. Qanday harakat aperiodik harakatdan iborat?
21. Muhit qarshiligidagi majburiy tebranma harakat differensial tenglamasini yozing.
22. Muhit qarshiligidagi majburiy tebranma harakat qonunini yozing.
23. ”*Tepish*” holi nima?
24. So`nuvchi tebranishda amplituda qanday o`zgaradi?
25. Aperiodik harakat tenglamasi qanday?
26. Dekrement nima?
27. Dinamik koeffitsiyent qanday aniqlanadi?
28. Rezonans holda majburiy tebranma harakat qonunini yozing.
29. Fazalar siljisi nima?
30. Qaytaruvchi va qarshilik kuchining koeffitsiyentlari teng bo`lganda moddiy nuqta aperiodik harakatining tenglamasi qanday bo`ladi?

19- QATTIQ JISM HARAKATI. EYLER BURCHAKLARI. BURCHAK TEZLIK. QATTIQ JISM KINETIK MOMENTI VA ENERGIYASI.

Harakatlari o`zaro bir-biriga bog`liq moddiy nuqtalar sistemasi *mexanik sistema* deyiladi. Mexanik sistema erkin va bog`langan holatda bo`lishi mumkin.

Mexanik sistema nuqtalarining harakati hech qanday sabab bilan chegaralanmagan, ya'ni nuqtalar orasidagi bog`lanishlar o`zaro ta'sir kuchidan iborat bo`lsa, mazkur sistema *erkin sistema* bo`ladi.

Mexanik sistema nuqtalarining harakati biror sabab bilan chegaralangan, ya'ni mazkur sistema nuqtalariga bog`lanishlar qo`yilgan bo`lsa, u *bog`lanishdagi sistema* deb ataladi.

Erkin mexanik sistemaga misol qilib Quyosh sistemasini olish mumkin, chunki Quyosh va planetalar o`zaro butun olam tortilish kuchi ta'sirida bo`ladi.

Bog`lanishdagi mexanik sistemaga har qanday mashina mexanizmlarini misol qilib keltirish mumkin. Chunki mashina mexanizmlarining qismlari bir-birlari bilan sharnirlar, sterjenlar, qayishlar yoki tishli q'ildiraklar vositasida bog`langan bo`ladi.

Sistemaning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o`zgarmay qolsa, u *o`zgarmas sistema* deb ataladi. Bunday sistemaga qattiq jism misol bo`la oladi.

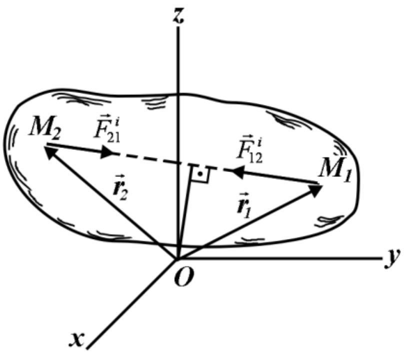
Mexanik sistemaga ta'sir qiluvchi kuchlar shartli ravishda ichki va tashqi kuchlarga ajratiladi. Mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning o`zaro ta'siri *ichki kuchlar* deyiladi.

Mexanik sistema tarkibiga kirmaydigan jism (nuqta) lar tomonidan qo`yilgan kuchlar *tashqi kuchlar* deb ataladi.

Ichki kuchlar $\vec{F}^i$, tashqi kuchlar $\vec{F}^e$, shuningdek, ichki kuchlar bosh vektori $\vec{R}^i$, tashqi kuchlar bosh vektori $\vec{R}^e$ bilan belgilanadi. Biror sistema uchun tashqi deb hisoblanadigan kuch ikkinchi sistemaga nisbatan ichki kuch bo`lishi ham mumkin. Masalan, butun Quyosh sistemasining harakati tekshirilganda planetalarning o`zaro tortish kuchi ichki kuch hisoblanadi. Yerning o`z orbitasi bo`ylab Quyosh atrofidagi harakati tekshirilganda tortish kuchi tashqi kuch bo`ladi.

Ichki kuchlar xossalarini ko`rib chiqamiz.

1.Sistema ichki kuchlarining bosh vektori nolga teng. Haqiqatan, Nyutonning 3 -qonuniga ko`ra sistema ixtiyoriy ikki $M_1$ va $M_2$ nuqtalarining o`zaro ta'sir kuchlari miqdor jihatdan teng va bir to`g`ri chiziq bo`ylab qarama-qarshi tomonga yo`nalgan (149-rasm) $\vec{F}_{12}^i = -\vec{F}_{21}^i$.



Binobarin, $\vec{F}_{12}^{\,i} + \vec{F}_{21}^{\,i} = 0.$ Bu xulosani sistemaning barcha nuqtalari uchun tatbiq etish mumkin. Shunday qilib,

$$\vec{R}^{i} = \sum \vec{F}_{\nu}^{\,i} = 0 .$$

(72.1)

149-rasm

(72.1) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak:

$$R_x^i = \sum F_{\nu x}^i = 0, \quad R_y^i = \sum F_{\nu y}^i = 0, \quad R_z^i = \sum F_{\nu z}^i = 0$$

(72.2)

hosil bo`ladi.

2. Ichki kuchlarning biror markazga nisbatan bosh momenti nolga teng.

$$\overrightarrow{M}_0^{\,i} = \sum \vec{m}_0 (\vec{F}_{\nu}^{\,i}) = 0 . \qquad (72.3)$$

Bu xossaning o`rinli bo`lishi ham Nyutonning uchinchi qonunidan foydalanib ko`rsatiladi.

(72.3) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak,

$$M_x^i = \sum m_x (\vec{F}_{\nu}^{\,i}) = 0 , \quad M_y^i = \sum m_y (\vec{F}_{\nu}^{\,i}) = 0 , \quad M_z^i = \sum m_z (\vec{F}_{\nu}^{\,i}) = 0$$

kelib chiqadi.

Ichki kuchlarning bu xossalaridan ichki kuchlar o`zaro muvozanatlashadi degan natija kelib chiqmaydi, chunki bu kuchlar sistemaning turli nuqtalariga qo`yilgan. Shuning uchun ichki kuchlar sistema nuqtalarining o`zaro ko`chishiga ta’sir qiladi. Absolut qattiq jism o`rganilayotganda ichki kuchlar muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasini tashkil etadi.

Mexanik sistema massasi va massa markazi

Mexanik sistemaning harakati faqat ta’sir kuchlarigagina emas, balki massaning taqsimlanishiga ham bog`liq. Bunday kattaliklar haqidagi ta’limot *massalar geometriyasi* deb ataladi.

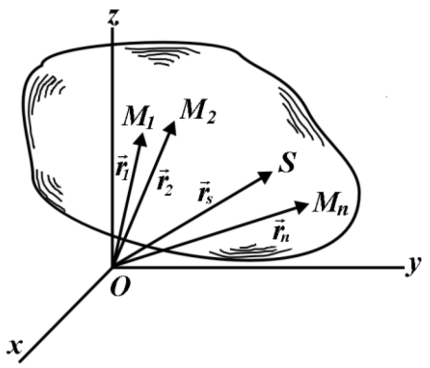
Mexanik sistema $M_1, M_2, \cdots, M_n$ moddiy nuqtalardan tashkil topgan bo`lib, ularning
massalari mos ravishda $m_1, m_2, \cdots, m_n$ bo`lsin (150-rasm).

Sistema nuqtalari massalarining arifmetik yig`indisiga sistemaning massasi deyiladi va u quyidagicha yoziladi:

$$M = \sum m_{\nu} .$$

(73.1)

Radius-vektori



$$\vec{r}_S = \frac{\sum m_\nu \vec{r}_\nu}{\sum m_\nu} \tag{73.2}$$

formula yordamida aniqlanadigan geometrik nuqta –*S sistemaning inersiya (massa) markazi* deb ataladi.

(73.2) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak:

150-rasm

$$x_S = \frac{\sum m_\nu x_\nu}{\sum m_\nu}, \quad y_S = \frac{\sum m_\nu y_\nu}{\sum m_\nu}, \quad z_S = \frac{\sum m_\nu z_\nu}{\sum m_\nu}$$

(73.3)

kelib chiqadi.

Ma’lumki, og`irlik markazining radius-vektori quyidagicha aniqlanar edi:

$$\vec{r}_S = \frac{\sum G_\nu \vec{r}_\nu}{\sum G_\nu}. \tag{73.4}$$

(73.2) formulaning tashqi ko`rinishi (73.4) ga o`xshasa ham mazmun jihatidan farq qiladi. Og`irlik markazi jismga ta’sir qiluvchi og`irlik kuchlari teng ta’sir etuvchisining qo`yilish nuqtasidir. Og`irlik markazi tushunchasi faqat qattiq jismgagina tegishli. Inersiya markazi tushunchasi har qanday moddiy nuqtalar sistemasiga tegishli bo`lib, u sistemadagi massa taqsimlanishining xarakteristikasidan iborat. Shuningdek, bu tushuncha sistemaga qanday kuchlar ta’sir qilayotganiga bog`liq emas.

(73.2) , (73.3) dan mos ravishda

$$M \vec{r}_S = \sum m_\nu \vec{r}_\nu \tag{73.5}$$

va
$$M x_S = \sum m_\nu x_\nu, \quad M y_S = \sum m_\nu y_\nu, \quad M z_S = \sum m_\nu z_\nu$$

(73.6)

kelib chiqadi.

(73.5) sistemaning qutbga nisbatan statik momenti, (73.6) esa sistemaning *Oyz, Oxz, Oxy* tekisliklarga nisbatan statik momenti deb ataladi.

Sistema inersiya markazini qutb deb olsak, shu markazga nisbatan sistemaning statik momenti nolga teng bo`ladi:

$$\sum m_\nu \rho_\nu = M \rho_S = 0,$$

bunda ρ_ν bilan M_ν nuqtaning inersiya markaziga nisbatan radius-vektori, ρ_S bilan inersiya markazining radius-vektori belgilangan.

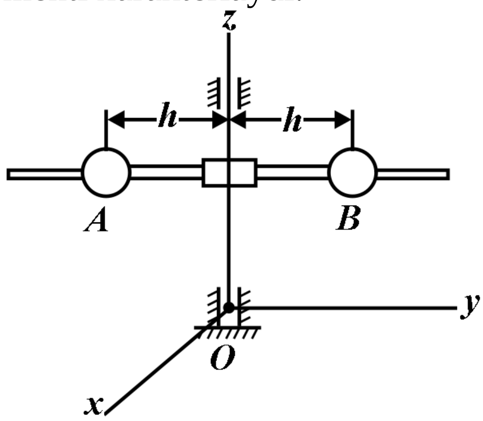
Sistemaning inersiya markazidan o`tuvchi ixtiyoriy tekislikka nisbatan statik momenti ham nolga teng bo`ladi.

20-MAVZU INERTSIYA TENZORI VA UNING HUSUSIYATLARI. QATTIQ JISM HARAKAT TENGLAMALARI.

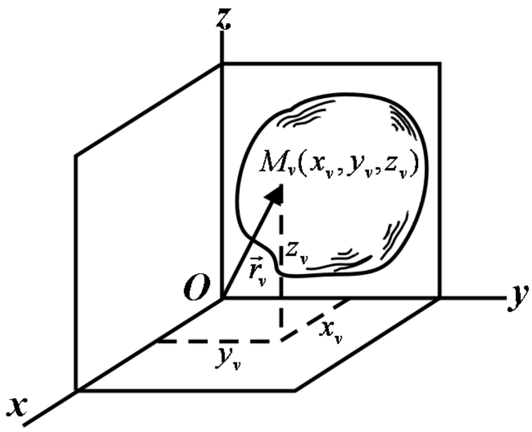
Sistemaning inersiya momenti. Inersiya radiusi

Massa markazining holati sistemada massa taqsimlanishini to`liq xarakterlamaydi. Masalan, *Oz* o`qdan *h* masofada turuvchi ikkita bir xil *A* va *B* sharlar holatini bir xil masofaga o`zgartirsak (151-rasm), sistema massa markazining holati o`zgarmaydi. Lekin sistemada massa taqsimlanishi o`zgaradi, ya'ni *A* va *B* sharlarning Oz o`q atrofidagi aylanishi yo tezlashadi yoki sekinlashadi.

Sistemaning aylanma harakatidagi massa taqsimlanishini uning inersiya momenti xarakterlaydi.



151-rasm



152-rasm

Sistemaning o`qqa, nuqtaga va tekislikka nisbatan inersiya momentlari tushunchalari bilan tanishib chiqamiz. Ixtiyoriy *O* nuqtadan uchta o`zaro perpendikular o`qlarni , shuningdek, koordinata tekisliklarini o`tkazamiz (152-rasm).

*Sistemaning biror o`qqa nisbatan inersiya momenti* deb sistema har bir zarrachasi massasini shu zarrachadan mazkur o`qqacha bo`lgan masofa kvadratiga ko`paytmasining
butun sistema zarrachalari bo`yicha olingan yig`indisiga aytiladi.

Sistemaning *Oz* o`qqa nisbatan inersiya momentini I_z bilan belgilasak, ta'rifga muvofiq

$$I_z = \sum m_\nu h_\nu^2 \, , \qquad (74.1)$$

bunda M_ν nuqtadan *Oz* o`qqacha bo`lgan masofa h_ν deb olingan.

Inersiya momentining SI sistemadagi o`lchov birligi *kgm*$^2$, texnik sistemada esa *kgms*$^2$ bo`ladi.

O`qqa nisbatan inersiya momentini hisoblaganda sistema zarrachalaridan o`qqacha bo`lgan masofani shu zarrachalar koordinatalari orqali ifodalash mumkin.

M_ν moddiy nuqta koordinatalarini x_ν, y_ν, z_ν desak, sistemaning Ox, Oy, Oz o`qlariga nisbatan inersiya momentlari quyidagicha yoziladi:

$$I_x = \sum m_\nu (y_\nu^2 + z_\nu^2),$$
$$I_y = \sum m_\nu (x_\nu^2 + z_\nu^2), \qquad (74.2)$$
$$I_z = \sum m_\nu (x_\nu^2 + y_\nu^2).$$

Sistemaning koordinatalar boshiga nisbatan inersiya momenti

$$I_0 = \sum m_\nu r_\nu^2 = \sum m_\nu (x_\nu^2 + y_\nu^2 + z_\nu^2) \qquad (74.3)$$

bo`ladi.

(74.2) ifodalarni hadlab qo`shib, (74.3) bilan taqqoslasak, sistemaning koordinata boshiga nisbatan inersiya momenti bilan koordinata o`qlariga nisbatan inersiya momentlari orasidagi quyidagi bog`lanishni hosil qilamiz:

$$2I_0 = I_x + I_y + I_z. \qquad (74.4)$$

Sistemaning yOz, xOz, va xOy tekisliklarga nisbatan inersiya momentlari:

$$I_{yOz} = \sum m_\nu x_\nu^2,$$
$$I_{xOz} = \sum m_\nu y_\nu^2, \qquad (74.5)$$
$$I_{xOy} = \sum m_\nu z_\nu^2$$

formulalardan foydalanib topiladi.

Bir jinsli jismning biror o`qqa nisbatan inersiya momentini uning shu o`qqa nisbatan inersiya radiusi deb ataluvchi chiziqli kattalik ρ_z dan foydalanib ham aniqlash mumkin:

$$I_z = M \rho_z^2. \qquad (74.6)$$

Bir jinsli jismning o`qqa nisbatan inersiya radiusi tajribalar vositasida aniqlanib, jadvallarda beriladi.

Agar jismning biror o`qqa nisbatan inersiya momenti aniq bo`lsa, uning shu o`qqa nisbatan inersiya radiusini (74.6) ga ko`ra

$$\rho_z = \sqrt{\frac{I_z}{M}} \qquad (74.7)$$

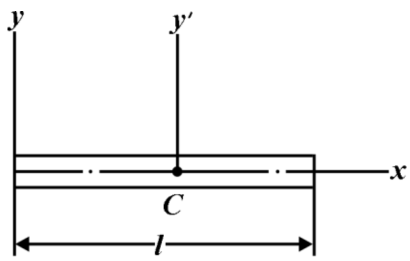
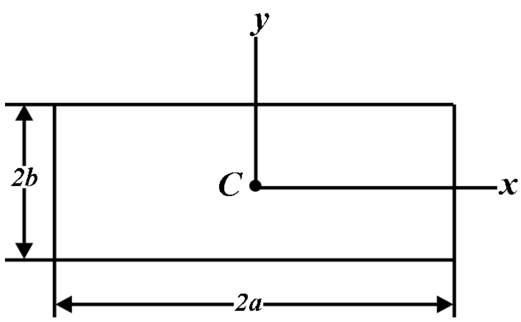
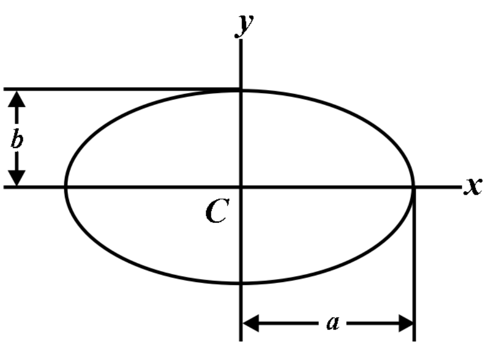
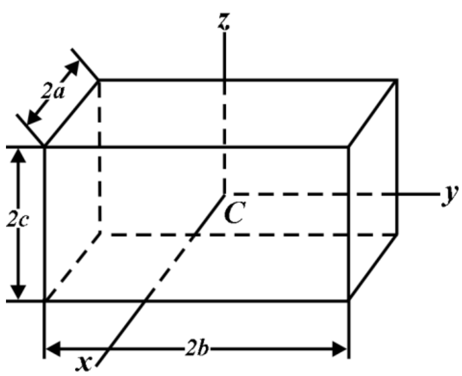
formuladan aniqlash mumkin.

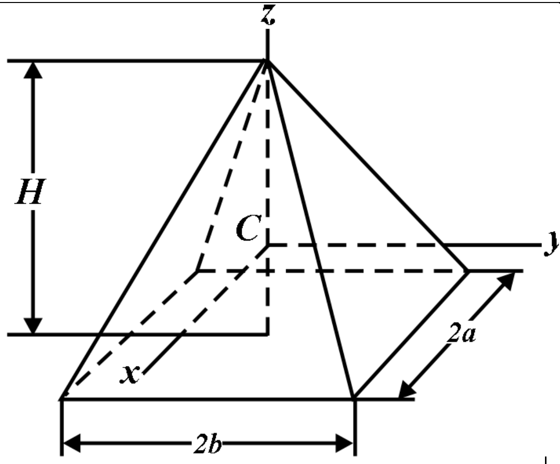
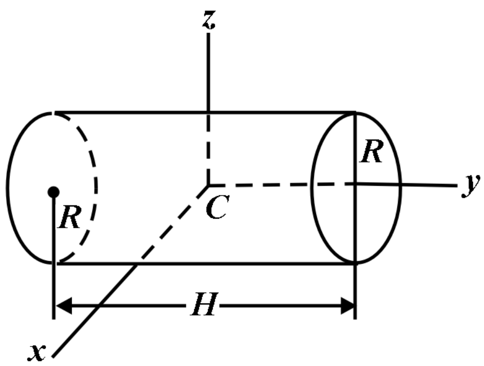
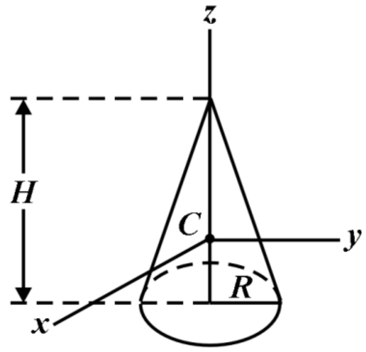
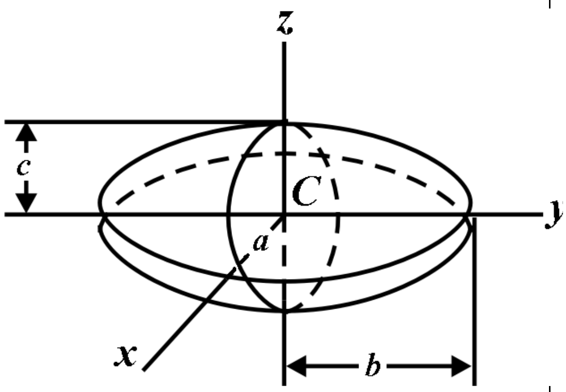
Qattiq jismning markazdan qochma inersiya momentlari quyidagich topiladi:

$$I_{yz} = \sum m_\nu y_\nu z_\nu \quad , \quad I_{zx} = \sum m_\nu z_\nu x_\nu \quad , \quad I_{xy} = \sum m_\nu x_\nu y_\nu . \qquad (74.8)$$

75- §. Ba’zi bir jinsli jismlarning inersiya momentlari

Jism xili	Jism shakli	Inersiya momenti
1	2	3

Ingichka sterjen		$I_y = \frac{1}{3} M l^2$, $I_{y'} = \frac{1}{12} M l^2$.
To\`g\`ri to\`rtburchak		$I_x = \frac{1}{3} M b^2$, $I_y = \frac{1}{3} M a^2$, $I_{Cz} = \frac{1}{3} M (a^2 + b^2)$.
Ellips		$I_x = \frac{1}{4} M b^2$, $I_y = \frac{1}{4} M a^2$, $I_{Cz} = \frac{1}{4} M (a^2 + b^2)$.
To\`g\`ri burchakli parallellopiped		$I_x = \frac{1}{3} M (b^2 + c^2)$, $I_y = \frac{1}{3} M (a^2 + c^2)$, $I_z = \frac{1}{3} M (a^2 + b^2)$.
1	2	3

To\`g\`ri burchakli piramida		$I_x = \frac{M}{20}\left(\frac{3}{4}H^2 + 4b^2\right),$ $I_y = \frac{M}{20}\left(\frac{3}{4}H^2 + 4a^2\right),$ $I_z = \frac{M}{5}(a^2 + b^2).$
Doiraviy silindr		$I_x = I_y = \frac{M}{4}\left(\frac{H^2}{3} + R^2\right),$ $I_z = \frac{1}{2}MR^2.$
Doiraviy konus		$I_x = I_y = \frac{3M}{20}\left(\frac{H^2}{4} + R^2\right),$ $I_z = \frac{3}{10}MR^2.$
Ellipsoid		$I_x = \frac{M}{5}(b^2 + c^2),$ $I_y = \frac{M}{5}(a^2 + c^2),$ $I_z = \frac{M}{5}(a^2 + b^2).$

21-MAVZU : EYLER TENGLAMALARI. SIMMETRIK PIRILDOQ HARAKATI. INERTSIYA KUCHLARI.

Differensial tenglamalari

Mexanik sistema $M_1, M_2, ..., M_n$ nuqtalardan tashkil topgan bo`lib, sistema nuqtalariga tashqi va ichki kuchlar ta'sir etadi. Bu sistemaning har bir M_ν nuqtasi uchun dinamikaning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$m_\nu \vec{a}_\nu = \vec{F}_\nu^e + \vec{F}_\nu^i . \qquad (76.1)$$

M_ν nuqta radius-vektorini , tezligini $\vec{V}_\nu$ desak, uning tezlanishi

$$\vec{a}_\nu = \frac{d\vec{V}_\nu}{dt} = \frac{d^2\vec{r}_\nu}{dt^2} .$$

Shuning uchun (76.1) quyidagicha yoziladi:

$$m_\nu \frac{d\vec{V}_\nu}{dt} = \vec{F}_\nu^e + \vec{F}_\nu^i \quad \text{yoki} \quad m_\nu \frac{d^2\vec{r}_\nu}{dt^2} = \vec{F}_\nu^e + \vec{F}_\nu^i .$$

ν ga 1 dan n gacha bo`lgan ketma-ket qiymatlarni qo`yib mexanik sistema harakati differensial tenglamalarining vektor usulda ifodalanishini hosil qilamiz:

$$\begin{cases} m_1 \dfrac{d\vec{V}_1}{dt} = \vec{F}_1^e + \vec{F}_1^i , \\ m_2 \dfrac{d\vec{V}_2}{dt} = \vec{F}_2^e + \vec{F}_2^i , \\ . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ m_n \dfrac{d\vec{V}_n}{dt} = \vec{F}_n^e + \vec{F}_n^i \end{cases} \qquad (76.2) \qquad \text{yoki} \qquad \begin{cases} m_1 \dfrac{d^2\vec{r}_1}{dt^2} = \vec{F}_1^e + \vec{F}_1^i \\ m_2 \dfrac{d^2\vec{r}_2}{dt^2} = \vec{F}_2^e + \vec{F}_2^i \\ . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ .m_n \dfrac{d^2\vec{r}_n}{dt^2} = \vec{F}_n^e + \vec{F}_n^i \end{cases}$$

(76.3)

(76.3) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, mexanik sistema harakati differensial tenglamalarining koordinata usulidagi ifodalari hosil bo`ladi. Bu differensial tenglamalar soni $3n$ ta bo`ladi.

Shunday qilib, sistemaga ta'sir etuvchi kuchlar berilgan bo`lsa, sistemani tashkil etuvchi moddiy nuqtalar harakatini aniqlash uchun vektor usulda *n* ta, koordinata usulida *3n* ta ikkinchi tartibli differensiyal tenglamalar sistemasini yechish, bunda hosil bo`ladigan integral doimiylarini aniqlash kerak. Sistemani tashkil etuvchi nuqtalar soni qancha ko`p bo`lsa, bu differensial tenglamalardan foydalanish shuncha murakkablashadi. Shunga ko`ra, mexanik sistema dinamikasining asosiy masalalarini yechishda (76.3) tenglama ko`rinishidagi differensial tenglamalardan foydalanishga qaraganda, (76.3) da turlicha shakl almashtirishlar bilan hosil qilinadigan dinamikaning umumiy teoremalari va prinsiplarini qo`llash qulay bo`ladi.

Sistema inersiya markazining harakati haqidagi teorema

Sistema inersiya (massa) markazining unga qo`yilgan tashqi va ichki kuchlar ta'siridagi harakatini aniqlash uchun sistema harakatining differensial tenglamalaridan foydalanamiz.

(76.3) tenglamalarni hadlab qo`shamiz:

$$\sum m_\nu \frac{d^2\vec{r}_\nu}{dt^2} = \sum \vec{F}_\nu^e + \sum \vec{F}_\nu^i$$

yoki

$$\sum m_\nu \frac{d^2\vec{r}_\nu}{dt^2} = \vec{R}^e + \vec{R}^i$$

Ichki kuchlarning xususiyatiga ko`ra $\vec{R}^i = 0.$ Shuning uchun

$$\sum m_\nu \frac{d^2\vec{r}_\nu}{dt^2} = \vec{R}^e \quad . \tag{77.1}$$

(73.5) ga ko`ra,

$$M\vec{r}_S = \sum m_\nu \vec{r}_\nu \ .$$

Bu ifodadan vaqt bo`yicha ikkinchi tartibli hosila olamiz:

$$M\frac{d^2\vec{r}_S}{dt^2} = \sum m_\nu \frac{d^2\vec{r}_\nu}{dt^2} \ .$$

(77.2)

(77.2) ga binoan (77.1) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$M\frac{d^2\vec{r}_S}{dt^2} = \overline{R}^e \, . \tag{77.3}$$

(77.3) ifodani moddiy nuqta harakatining differensial tenglamasi (64.2) bilan taqqoslab, massa markazining harakati haqidagi teoremani hosil qilamiz: *sistema massasi inersiya markazida joylashgan deb qabul qilinsa, u markaz tashqi kuchlar bosh vektori ta'sirida xuddi moddiy nuqta kabi harakatlanadi.*

(77.3) ni koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, sistema massa markazi harakati differensial tenglamalarining koordinata usulidagi ifodalari kelib chiqadi:

$$M\frac{d^2x_S}{dt^2}=R_x^e,\qquad M\frac{d^2y_S}{dt^2}=R_y^e,\qquad M\frac{d^2z_S}{dt^2}=R_z^e. \tag{77.4}$$

Kinematikadan ma'lumki, ilgarilama harakatdagi jismning holati mazkur jism bitta nuqtasining holati bilan aniqlanar edi. Shuning uchun (77.3) yoki (77.4) tenglamalarni jismning ilgarilama harakati differensial tenglamalari deb atash mumkin.

(77.3) ni tabiiy koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, tabiiy usuldagi massa markazi harakatining differensial tenglamasi kelib chiqadi:

$$M\frac{dV_S}{dt}=R_\tau^e\ ,\ M\frac{V_S^2}{\rho}=R_n^e\ . \tag{77.5}$$

Inersiya markazi harakatining saqlanish qonuni

Inersiya markazining harakati haqidagi teoremadan quyidagi natijalar kelib chiqadi.

1. Sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektori nolga teng bo`lsin, ya'ni $\vec{R}^e=0$. Bu holda (77.3) dan $\vec{V}_S=\overrightarrow{const}$ kelib chiqadi.

Demak, *sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektori nolga teng bo`lsa, inersiya markazi to`g`ri chiziqli teng o`lchovli harakat qiladi.* Agar boshlang`ich paytda massa markazi tinch holatda bo`lsa, $\vec{V}_S=0$ dan $\vec{r}_S=\overrightarrow{const}$ hosil bo`ladi; ya'ni inersiya markazi berilgan koordinata sistemasiga nisbatan o`z holatini o`zgartirmaydi.

2. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining biror o`qdagi proyeksiyasi, masalan $R_x^e$ nolga teng bo`lsin. U holda (77.4) ning birinchisidan $a_{Sx}=0$ yoki $V_{Sx}=\dot{x}_S=const$ hosil bo`ladi.

Demak, *sistemaga ta'sir qiluvchi kuchlar bosh vektorining biror o`qdagi proyeksiyasi nolga teng bo`lsa, inersiya markazi tezligining shu o`qdagi proyeksiyasi o`zgarmas ekan.* Xususiy holda $\dot{x}_S=0$ bo`lsa, inersiya markazining *Ox* o`q bo`yicha koordinatasi o`zgarmay qoladi, ya'ni $x_S=const.$

Bu natijalar *sistema inersiya markazi harakatining saqlanish qonuni* deyiladi.

Inersiya markazining harakati haqidagi teoremani qo`llab masalalar yechish

Inersiya markazining harakati haqidagi teoremani qo`llab masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

1. Sanoq sistemasi tanlab olinadi.

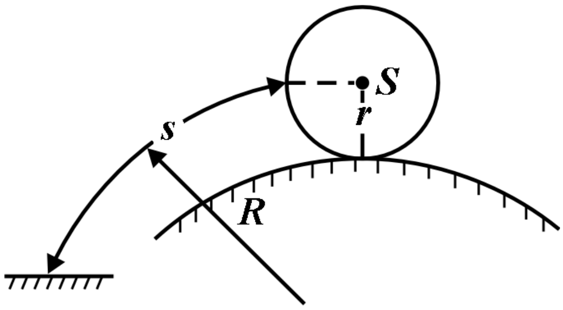
2. Sistemaga ta'sir etuvchi hamma kuchlar rasmda tasvirlanadi.

3. Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining tanlab olingan koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari aniqlanadi.

4. Sistema inersiya markazining koordinatalari aniqlanib, ulardan vaqt bo`yicha ikkinchi tartibli hosila hisoblanadi.

5. Sistema inersiya markazi harakatining differensial tenglamalari tuziladi.

6. Tuzilgan differensial tenglamaga ko`ra yoki dinamikaning birinchi, yoki ikkinchi masalasi yechilib, noma'lum kinematik parametrlar topiladi.



153-rasm

48 - masala. Massasi *m = 15 kg* bo`lgan g`ildirakning massa markazi *S*, radiusi *r = 1,3 m* bo`lgan aylana bo`yicha *s = 4t* qonunga ko`ra harakatlanadi. G`ildirakka ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektori aniqlansin (153-rasm).

Yechish. Masala shartiga ko`ra g`ildirak massa markazining harakati tabiiy usulda berilgan, ya'ni:

$$s=4t. \qquad (79.1)$$

Massa markazi harakati differensial tenglamasi (77.5) ni tuzamiz:

$$m\frac{dV_S}{dt}=R_\tau^e \quad , \quad m\frac{V_S^2}{r}=R_n^e \quad . \qquad (79.2)$$

(79.1) dan vaqt bo`yicha birinchi va ikkinchi tartibli hosila olamiz:

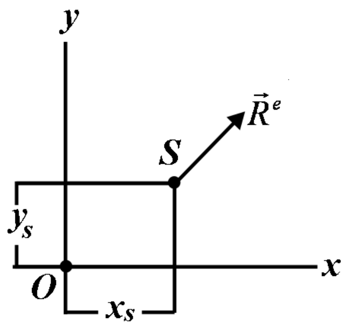
$$V_S=\frac{ds}{dt}=4\,, \quad a_S^\tau=\frac{dV_S}{dt}=0\,. \qquad (79.3)$$

(79.3) va masala shartidagi son qiymatni (79.2) ga qo`ysak:

$$R_\tau^e=0\,, \quad R_n^e=185\,N\,.$$

Natijada $R^e=\sqrt{(R_\tau^e)^2+(R_n^e)^2}$, $R^e=185N$ hosil bo`ladi.

49 – masala. Massasi *m=10kg* bo`lgan mexanik sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektori $\vec{R}^e=3\vec{i}+6t\,\vec{j}$. Boshlang`ich paitda sistema inersiya markazi *O* nuqtada bo`lib, tinch holatda bo`lgan. y_S *=0,8 m* bo`lgan vaqtda sistema inersiya markazi tezligining moduli topilsin (154-rasm).



154-rasm

Yechish. Masala shartiga ko`ra sistema *Oxy* tekisligida harakat qiladi. Suning uchun sanoq sistemasi 154- rasmdagidek bo`ladi. Ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar bosh vektori $\vec{R}^e$ dan iborat. Sistema harakatining boshlang`ich shartlari quyidagicha:

$$t=0\,,\; x_S=0\,,\; y_S=0\,,\; \dot{x}_S=0\,,\; \dot{y}_S=0\,.$$

Mexanik sistema inersiya markazi harakatining differensial tenglamasi (77.4) ning birinchi ikkitasini tuzamiz:

$$m\ddot{x}_S=R_x^e\,,\quad m\ddot{y}_S=R_y^e\,,$$

bu erda $R_x^e=3\,,\; R_y^e=6t$. Shuning uchun

$$m\ddot{x}_S=3\,,\quad m\ddot{y}_S=6\,t\,,$$

bundan

$$\begin{cases} \ddot{x}_S=\dfrac{3}{m} \\ \ddot{y}_S=\dfrac{6t}{m} \end{cases}$$

kelib chiqadi.

Mazkur differensial tenglamalarni integrallaymiz:

$$\dot{x}_S=\frac{3}{m}t+C_1\,,\quad x_S=\frac{3t^2}{2m}+C_1\,t+C_2\,;$$

$$\dot{y}_S=\frac{6t^2}{2m}+C_3\,,\quad y_S=\frac{6t^3}{6m}+C_3\,t+C_4\,.$$

Boshlang`ich shartlarga asosan $C_1=C_2=C_3=C_4=0$ bo`ladi.

Natijada

$$\begin{cases} \dot{x}_S=\dfrac{3}{m}t\,, \\ \dot{y}_S=\dfrac{6t^2}{2m} \end{cases} \qquad (79.4)$$

va

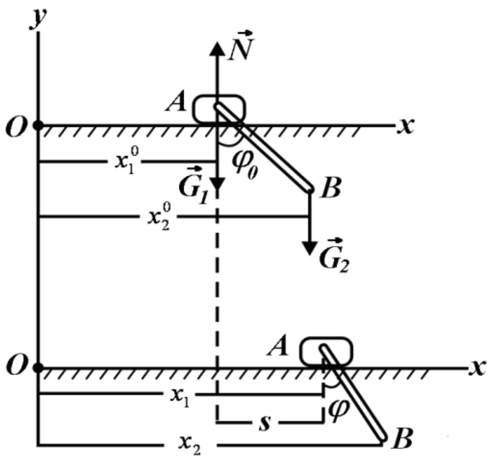
$$\begin{cases} x_S=\dfrac{3t^2}{2m}\,, \\ y_S=\dfrac{t^3}{m}\,. \end{cases}$$

(79.5)

(79.5) ning ikkinchisidan $t^3=m\,y_S$ kelib chiqadi. Son qiymatlarni qo`ysak: *t=2sekund.* Vaqtning bu qiymatini (79.4) ga qo`yamiz: $\dot{x}_S=0{,}6\,,\; \dot{y}_S=1{,}2\,.$

Demak, $V_S=\sqrt{\dot{x}_S^2+\dot{y}_S^2}$ yoki $V_S=\sqrt{0{,}6^2+1{,}2^2}=1{,}34$ *m/s*.

50-masala. Elliptik mayatnik silliq gorizontal tekislik bo`ylab ilgarilama harakat qiluvchi $m_1$ massali $A$ jism va u bilan $AB$ sterjen orqali bog`langan m_2 massali B yukdan iborat. Sterjen uzunligi l. Boshlang`ich paytda sterjen $\varphi_0$ burchakka burilgan bo`lib, boshlang`ich tezliksiz qo`yib yuborilgan. Sterjenning og`irligi hisobga olinmay, $A$ jismning ko`chishi og`ish burchagi φ orqali aniqlansin (155-rasm).



155-rasm

Yechish. Sanoq sistemasini 155-rasmdagidel tanlaymiz. Sistema A jism va B yukdan ibora bo`lib, unga $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ og`irlik kuchlari hamd gorizontal tekislikning normal reaksiyasi $\vec{N}$ ta'sir qiladi.

Sistemaga ta'sir qiluvchi kuchlar bosh vektorining Ox va Oy o`qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi:

$$R_x^e = 0\,,\; R_y^e = N - G_1 - G_2\,.$$

Masala shartida A jism ko`chishini topish talab etilgani sababli sistema inersiya markazining absissasini yozib olamiz:

$$x_S = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}\,. \qquad (79.6)$$

Boshlang`ich paytda $A$ jism va $B$ yukning koordinatalari mos ravishda $x_1^0$, $x_2^0 = x_1^0 + l\sin\varphi_0$. Bularni (79.6) ga qo`yamiz:

$$x_S^0 = \frac{m_1 x_1^0 + m_2 x_1^0 + m_2 l\sin\varphi_0}{m_1 + m_2}$$

(79.7)

Sterjen biror φ burchakka burilganda A jism s masofaga siljisin. Bu holda $x_1 = x_1^0 + s$, $x_2 = x_1^0 + s + l\sin\varphi$ bo`lib, sistema inersiya markazining absissasi :

$$x_S = \frac{m_1 x_1^0 + m_1 s + m_2 x_1^0 + m_2 s + m_2 l\sin\varphi}{m_1 + m_2}\,.$$

(79.8)

Boshlang`ich paytda sistema qo`zg`almas hamda $R_x^e = 0$ bo`lgani uchun sistema inersiya markazining absissasi o`zgarmaydi, ya'ni: x_s $=const.$

Bundan foydalanib (79.7) bilan (79.8) ni tenglashtiramiz:

$$(m_1 + m_2)s = m_2 l(\sin\varphi_0 - \sin\varphi)\,.$$

Bu tenglikdan $s = \dfrac{m_2 l(\sin\varphi_0 - \sin\varphi)}{m_1 + m_2}$ kelib chiqadi.

Demak, $\sin\varphi_0 > \sin\varphi$ da A jism o`ng tomonga, $\sin\varphi_0 < \sin\varphi$ da chap tomonga ko`chadi.

22-MAVZU DINAMIKANING GAMIL’TON SHAKLI.

GAMIL’TON FUNKTSIYASI. GAMIL’TONNING KANONIK TENGLAMALARI. RELYATIVISTIK MEXANIKADA GAMIL’TON FUNKTSIYASI.

Sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremani keltirib chiqarish uchun (85.3) dan vaqt bo`yicha hosila olamiz:

$$\frac{d\vec{K}_0}{dt}=\sum\frac{d\vec{r}_\nu}{dt}\times m_\nu\vec{V}_\nu+\sum\vec{r}_\nu\times m_\nu\frac{d\vec{V}_\nu}{dt} \qquad (86.1)$$

bunda

$$\sum\frac{d\vec{r}_\nu}{dt}\times m_\nu\vec{V}_\nu=\sum\vec{V}_\nu\times m_\nu\vec{V}_\nu=0\ , \quad m_\nu\frac{d\vec{V}_\nu}{dt}=m_\nu\,\vec{a}_\nu\ .$$

Sistema M_ν nuqtasiga qo`yilgan tashqi va ichki kuchlarning teng ta’sir etuvchilarini mos ravishda $\vec{F}_\nu^e, \vec{F}_\nu^i$ (163-rasm) desak, (76.1) ga ko`ra :

$$m_\nu\,\vec{a}_\nu=\vec{F}_\nu^e+\vec{F}_\nu^i\ .$$

Natijada (86.1) quyidagicha yoziladi:

$$\frac{d\vec{K}_0}{dt}=\sum\vec{r}_\nu\times\vec{F}_\nu^e+\sum\vec{r}_\nu\times\vec{F}_\nu^i\ .$$

Ichki kuchlar xususiyatiga ko`ra: $\sum\vec{r}_\nu\times\vec{F}_\nu^i=\vec{M}_0^i=0$

Binobarin, $$\frac{d\vec{K}_0}{dt}=\sum\vec{r}_\nu\times\vec{F}_\nu^e$$

(86.2)

yoki $$\frac{d\vec{K}_0}{dt}=\vec{M}_0^e\ . \qquad (86\ .3)$$

(86.3) munosabat sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremani ifodalaydi: *mexanik sistemaning markazga nisbatan kinetik momentidan vaqt bo`yicha olingan birinchi hosilasi unga ta’sir qiluvchi tashqi kuchlarning shu markazga nisbatan bosh momentiga teng.*

(86.3) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalaymiz:

$$\frac{dK_x}{dt}=M_x^e\ , \quad \frac{dK_y}{dt}=M_y^e\ , \quad \frac{dK_z}{dt}=M_z^e,$$

(86.4)

bunda

$$M_x^e=\sum m_x(\vec{F}_\nu^e)=\sum(y_\nu F_{\nu z}^e-z_\nu F_{\nu y}^e),$$
$$M_y^e=\sum m_y(\vec{F}_\nu^e)=\sum(z_\nu F_{\nu x}^e-x_\nu F_{\nu z}^e),$$
$$M_z^e=\sum m_z(\vec{F}_\nu^e)=\sum(x_\nu F_{\nu y}^e-y_\nu F_{\nu x}^e).$$

(86.5)

(86.4) ni quyidagicha ta'riflash mumkin: *mexanik sistemaning qo`zg`almas o`qqa nisbatan kinetik momentidan vaqt bo`yicha olingan birinchi hosilasi unga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning shu o`qqa nisbatan momentlarining yig`indisiga teng.*

(86.3) dan xususiy hol sifatida moddiy nuqta harakat miqdorining markazga nisbatan momenti o`zgarishi haqidagi teoremani hosil qilish mumkin: *moddiy nuqta harakat miqdorining biror markazga nisbatan momentidan vaqt bo`yicha olingan birinchi hosilasi nuqtaga ta'sir qiluvchi kuchning shu markazga nisbatan momentiga teng* (162-rasm)

$$\frac{d\left(\vec{m}_0(m\vec{V})\right)}{dt}=\vec{m}(\vec{F}) \qquad (86.6)$$

yoki

$$\frac{d}{dt}(\vec{r}\times m\vec{V})=\vec{r}\times\vec{F}. \qquad (86.7)$$

Agar moddiy nuqta bir necha kuchlar ta'sirida bo`lsa (86.6) yoki (86.7) da $\vec{F}$ ni shu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi deb qarash kerak.

(86.7) ni Dekart koordinata o`qlariga proyeksiyalasak, moddiy nuqta harakat miqdorining o`qqa nisbatan momenti o`zgarishi haqidagi teorema kelib chiqadi.

$$\frac{d}{dt}\left(m_x(m\vec{V})\right)=m_x(\vec{F}),$$
$$\frac{d}{dt}\left(m_y(m\vec{V})\right)=m_y(\vec{F}), \qquad (86.8)$$
$$\frac{d}{dt}\left(m_z(m\vec{V})\right)=m_z(\vec{F})$$

yoki

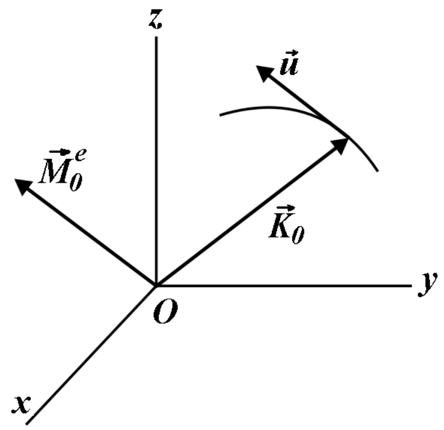
$$\frac{d}{dt}\left(m_x(m\vec{V})\right)=yF_z-zF_y,$$
$$\frac{d}{dt}\left(m_y(m\vec{V})\right)=zF_x-xF_z,$$
$$\frac{d}{dt}\left(m_z(m\vec{V})\right)=xF_y-yF_x.$$

(86.9)

Demak, *moddiy nuqta harakat miqdorining biror o`qqa nisbatan momentidan vaqt bo`yicha olingan birinchi hosila unga ta'sir qiluvchi kuchning mazkur o`qqa nisbatan momentiga teng.*

Rezal teoremasi

Sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremani kinetik nuqtayi nazardan ham tushuntirish mumkin.



164-rasm

Kinematikadan ma'lumki, vektordan vaqt bo`yicha olingan birinchi hosila mazkur vektor uchining tezligiga teng. Shuning uchun mexanik sistema kinetik momenti vektoridan vaqt bo`yicha olingan birinchi hosilani mazkur vektor uchining tezligi deb qarash mumkin. Bu tezlikni nuqta tezligidan farq qilish uchun $\vec{u}$ deb belgilaymiz (164-rasm):

$$\vec{u} = \frac{d\vec{K}_0}{dt}. \qquad (87.1)$$

(87.1) tenglikka ko`ra sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremani quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{u} = \vec{M}_0^e. \qquad (87.2)$$

(87.2) tenglama Rezal teoremasini ifodalaydi: *mexanik sistemaning biror markazga nisbatan kinetik momenti vektori uchining tezligi sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarning shu markazga nisbatan bosh momentiga teng.*

Rezal teoremasidan foydalanib giroskoplar harakatini tekshirish qulay.

Qattiq jismning qo`zg`almas o`q atrofidagi aylanma harakati differensial tenglamasi

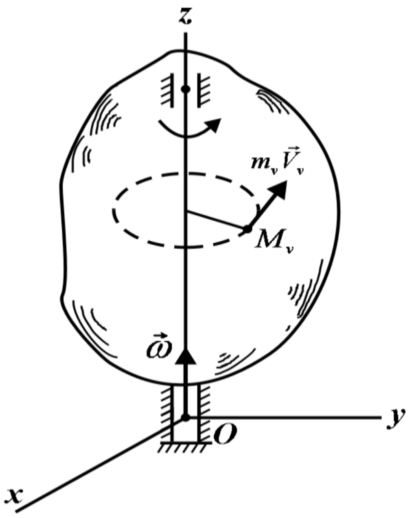
Qattiq jismning qo`zg`almas o`q atrofidagi aylanma harakati texnikada ko`p uchraydigan harakatlardan biri. Shuning uchun jismning aylanish o`qiga nisbatan kinetik momentini aniqlash va differensial tenglamasini keltirib chiqarish muhim ahamiyatga ega.

Jism qo`zg`almas *Oz* o`q atrofida $\omega$ burchak tezlik bilan aylanma harakat qilayotgan bo`lsin (165-rasm). Jism M_ν nuqtasidan aylanish o`qigacha bo`lgan masofani h_ν desak, (85.4) formulaga asosan:

$$K_z = \sum m_z(m_\nu \vec{V}_\nu) = \sum m_\nu V_\nu h_\nu. \qquad (88.1)$$

Biroq, $V_\nu = h_\nu \omega$; Shuning uchun (88.1) quyidagicha yoziladi:

$$K_z = \sum m_\nu h_\nu^2 \omega = \omega \sum m_\nu h_\nu^2.$$



165-rasm

2)

(74.1) formulaga ko`ra:

$$I_z = \sum m_\nu h_\nu^2 .$$

Demak, (88.2) dan

$$K_z = I_z \, \omega \qquad (88.3)$$

hosil bo`ladi.

(88.3) dan ko`ramizki, *jismning aylanish o`qiga nisbatan kinetik momenti uning mazkur o`qqa nisbatan inersiya momenti bilan burchak tezligining ko`paytmasiga teng.*

(88.3) ni (86.4) ning uchinchisiga qo`ysak, *qattiq jismning qo`zg`almas o`q atrofidagi aylanma harakatining differensial tenglamasi* kelib chiqadi:

$$I_z \frac{d\omega}{dt} = M_z^e$$

yoki

$$I_z \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_z^e . \qquad (88.4)$$

(88.4) differensial tenglamani moddiy nuqta harakatining differensial tenglamasi (64.2) bilan taqqoslab, inersiya momenti aylanma harakatdagi jismning inertlik o`lchovini ifodalashini ko`ramiz.

Sistema va moddiy nuqta kinetik momentining saqlanish qonuni

Sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremadan quyidagi xususiy hollar kelib chiqadi.

1. *Sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarning biror O nuqtaga nisbatan momenti* $\vec{M}_0^e = 0$ *bo`lsa, sistemaning shu markazga nisbatan kinetik momenti* $\vec{K}_0$ *ning miqdori va yo`nalishi o`zgarmas bo`ladi:*

$$\vec{K}_0 = \sum \vec{r} \times m_\nu \vec{V}_\nu = \overrightarrow{const} . \qquad (89.1)$$

(86.3) ifodani $\vec{M}_0^e = 0$ hol uchun integrallab, (89.1) ning o`rinli bo`lishini hosil qildik.

2. *Sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarning biror o`qqa nisbatan momentlari yig`indisi nolga teng bo`lsa , sistemaning shu o`qqa nisbatan kinetik momenti o`zgarmas bo`ladi.*

Masalan,

$$M_x^e=\sum m_x(\vec{F}_\nu^e)=0 \quad da \quad K_x=\sum m_x(m_\nu\vec{V}_\nu)=const.$$

(89.2)

Shunga o`xshash moddiy nuqta kinetik momentining saqlanish qonunini ta'riflash mumkin.

3. *Moddiy nuqtaga ta'sir qiluvchi kuchning biror markazga nisbatan momenti nolga teng bo`lsa,mazkur nuqta harakat miqdorining shu markazga nisbatan momenti o`zgarmas bo`ladi, ya'ni:*

$$\vec{m}_o(\vec{F})=0 \quad da \quad \vec{m}_0(m\vec{V})=\vec{r}\times m\vec{V}=\overrightarrow{const}.$$

(89.3)

4. Moddiy nuqtaga ta'sir qiluvchi kuchning biror o`qqa nisbatan momenti nolga teng bo`lsa, mazkur nuqtaning shu o`qqa nisbatan kinetik momenti o`zgarmas bo`ladi. Masalan, $m_x(\vec{F})=0 \quad da \quad m_x(m\vec{V})=const.$

5. Qo`zg`almas o`q atrofida aylanma harakat qilayotgan jism kinetik momentining saqlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

Qo`zg`almas o`q atrofida aylanuvchi jismga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlarning aylanish o`qiga nisbatan momentlari yig`indisi nolga teng bo`lsa, jismning mazkur o`qqa nisbatan kinetik momenti o`zgarmas bo`ladi:

$$M_z^e=0 \quad da \quad K_z=I_z\,\omega=const$$

yoki $$I_z\,\omega=I_{0z}\,\omega_0. \qquad (89.4)$$

(89.4) da I_{0z} va ω_0 mos ravishda jismning boshlang`ich paytdagi inersiya momenti va burchak tezligi, I_z va ω esa istalgan t vaqtdagi inersiya momenti va burchak tezligidan iborat.

Qo`zg`almas o`q atrofida aylanma harakat qilayotgan jism kinetik momentining saqlanish qonuniga Jukovskiy skameykasi misol bo`la oladi. Jukovskiy skameykasining gorizontal platformasiga qo`llariga tosh ushlagan kishi turgandan keyin unga boshlang`ich ω_0 burchak tezlik berilsa, (89.4) o`rinli bo`ladi. Chunki kishining, toshlar va platformaning o`g`irlik kuchlari aylanish o`qiga parallel yo`nalgan yoki tayanch podshipnikda hosil bo`ladigan reaksiya kuchi aylanish o`qini kesib o`tadi. Shuning uchun ularning aylanish o`qiga nisbatan momenti nolga teng.

23-MAVZU: GAMIL'TON TENGLAMALARINI VARIATSIYA PRINTSIPI ASOSIDA KELTIRIB CHIQARISH. KANONIK

ALMASHTIRISH. PUASSON QAVSLARI VA ULARNING XUSUSIYATLARI. LUIVILL TEOREMASI.

Moddiy nuqta yoki sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremani qo`llab masalalar quyidagi tartibda yechiladi:

1. Sanoq sistemasi tanlab olinadi.
2. Chegara shartlar aniqlanadi.
3. Ta’sir etuvchi hamda reaksiya kuchlari rasmda tasvirlanadi.
4. Ta’sir qiluvchi kuchlarning markazga yoki o`qqa nisbatan momentlarining yig`indisi aniqlanadi.
5. Moddiy nuqta yoki sistemaning markazga yoki o`qqa nisbatan kinetik momenti hisoblanadi.
6. Moddiy nuqta yoki sistema kinetik momentining o`zgarishi haqidagi teoremani ifodalovchi differensial tenglama tuziladi.
7. Tuzilgan differensial tenglama integrallanadi va kerakli noma’lumlar aniqlanadi.

55-masala. Massasi *m=1kg* bo`lgan moddiy nuqta $x=2t\,, y=t^3\,, z=t^4$ qonun bo`yicha harakat qiladi. *t=1s* bo`lganda moddiy nuqtaga ta’sir qiluvchi kuchlar teng ta’sir etuvchisining *Ox* o`qiga nisbatan momenti aniqlansin (x , y , z – metr hisobida).

Yechish. Masalani hal etish uchun (85.2) ning birinchisini tuzamiz:

$$k_x = m(y\dot{z} - z\dot{y})\,. \qquad (90.1)$$

Masala shartidagi moddiy nuqta harakat qonunidan:

$$\dot{y} = 3t^2 \quad , \quad \dot{z} = 4t^3\,. \qquad (90.2)$$

Moddiy nuqta harakat qonunidagi *y, z* va (90.2) ni (90.1) ga qo`ysak,

$$k_x = mt^6 \qquad (90.3)$$

kelib chiqadi.

(86.8) ga ko`ra:

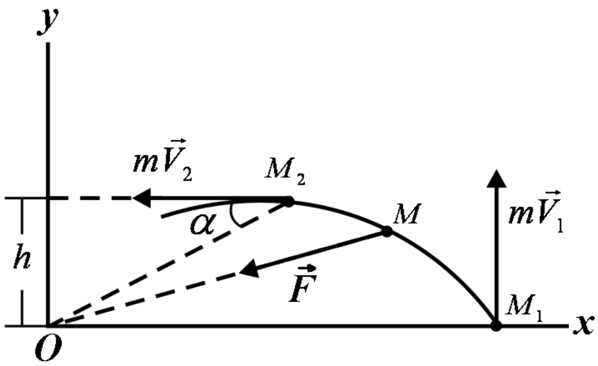
$$\frac{dk_x}{dt} = m_x(\vec{F}) \quad \text{yoki} \quad 6mt^5 = m_x(\vec{F})\,. \qquad (90.4)$$

(90.4) ga son qiymatlarni qo`ysak: $m_x(\vec{F}) = 6\,Nm\,.$

56- masala. *M* moddiy nuqta $\vec{F}$ ta’sirida harakatlanadi. Bu kuchning ta’sir chizig`i *O* markazdan o`tadi (166-rasm). Nuqtaning M_1 holatidagi tezlik vektori *Oy* o`qiga parallel bo`lib, miqdori *2 m/s ;* M_2 holatdagi tezlik vektori esa kuchning ta’sir chizig`i bilan $\alpha = 30^0$ burchak tashkil qiladi. Moddiy nuqtaning $M_2$ holatidagi tezligi $V_2$ aniqlansin. $OM_1/OM_2 = 3/2$ . *M* nuqta og`irligi hisobga olinmasin.

Yechish. *M* moddiy nuqtaga faqat $\vec{F}$ kuch ta’sir qiladi. Bu nuqta harakati miqdorining *O* nuqtaga nisbatan momenti o`zgarmas, chunki $m_0(\vec{F}) = 0\,.$

Natijada, moddiy nuqta harakat miqdori momentining saqlanish qonuniga



166-rasm

ko`ra:

$$m_0(m\vec{V}_1)=m_0(m\vec{V}_2)\ . \qquad (90.5)$$

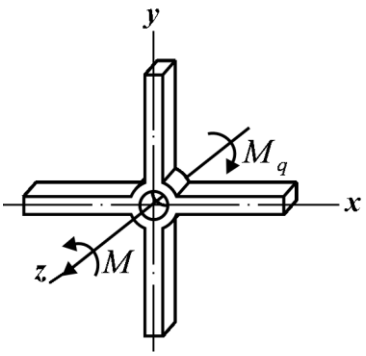
166-rasmdan:

$$m_0(m\vec{V}_1)=mV_1\,OM_1\ ,\quad m_0(m\vec{V}_2)=mV_2\,OM_2\sin\alpha\,. \qquad (90.6)$$

(90.6) ni (90.5) ga qo`yamiz:

$$V_2=V_1\frac{OM_1}{OM_2\sin\alpha}=2\cdot\frac{3}{2}\cdot\frac{1}{\sin 30^0}=6\,m/s\,.$$

57-masala. Kema parragining aylanish o`qiga nisbatan inersiya momenti $I$ bo`lib, u M moment ta'sirida aylantiriladi. Parrakka ta'sir qiluvchi suv qarshiligining momenti $M_q=k\omega^2$. Bunda k – o`zgarmas miqdor (167-rasm).



167-rasm

Dastlabki vaqtda parrak burilish burchagi va burchak tezligi nolga teng. Qancha (t_1) vaqtdan so`ng parrakning burchak tezligi $\omega_1$ bo`lishi topilsin.

Yechish. Parrakning aylanish o`qi deb $z$ o`qni olamiz. Chegara shartlari quyidagicha:

$$t=0 \quad da \quad \omega=0 \quad ,\quad t=t_1 \quad da \quad \omega=\omega_1 \qquad \textbf{(90.7)}$$

Parrakka aylantiruvchi M moment va qarshilik momenti M_q ta'sir qiladi.

Natijada,

$$M_z^e=M-k\omega^2. \qquad (90.8)$$

Parrakning kinetik momenti :

$$K_z=I\omega. \qquad (90.9)$$

Parrak harakatining differensial tenglamasi quyidagicha:

$$I\frac{d\omega}{dt}=M-k\omega^2$$

yoki

$$\frac{I\,d\omega}{M-k\omega^2}=dt\,. \qquad (91.10)$$

$\frac{M}{k}=a^2$ belgilash kiritib va (90.7) dan foydalanib, (90.10) ni integrallaymiz:

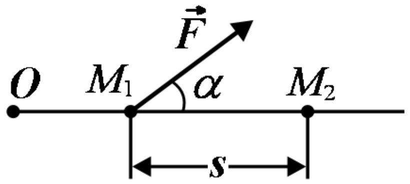
$$\frac{I}{2ak}\ln\frac{a+\omega}{a-\omega}\Bigg|_0^{\omega_1}=t_1,$$

bundan $$t_1=\frac{I}{2ak}In\frac{a+\omega_1}{a-\omega_1}$$ kelib chiqadi.

24-MAVZU: GAMIL'TON-YAKOBI METODI. GAMIL'TON-YAKOBI TENGLAMASI. O'ZGARUVCHILARNI AJRATISH USULI. TA`SIR-BURCHAK O'ZGARUVCHILARI VA ADIABATIK INVARIANTLAR.

Sistema (jism, moddiy nuqta) ning biror kuch ta'sirida ko`chishini xarakterlash uchun ish tushunchasi kiritiladi.

Quyida o`zgarmas va o`zgaruvchi kuchning ishi haqida tushuncha beriladi.



168-rasm

1**. O`zgarmas kuchning ishi.** *M* nuqta $\vec{F}$ kuch ta'sirida $M_1$ holatdan $M_2$ holatga o`tsin (168-rasm). O`zgarmas kuchning bu ko`chishdagi ishi quyidagicha aniqlanadi:

$$A=F\,s\cos\alpha\ . \quad (91.1)$$

Agar $\alpha=0$ bo`lsa, $A=Fs$ ; $\alpha=\frac{\pi}{2}$ da $A=0$; $\alpha$ o`tkir burchak bo`lsa, $A>0$ ; $\alpha$ o`tmas burchak bo`lganda $A<0$ bo`ladi.

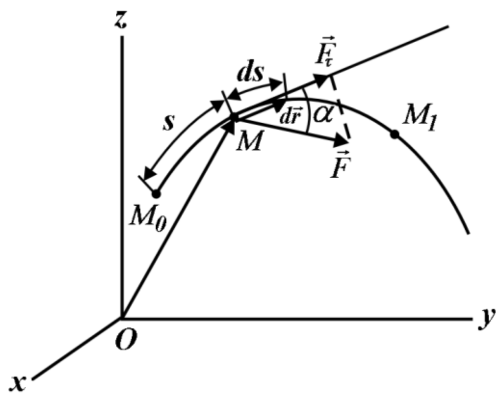
Ish birligi qilib SI sistemada *Joul (kgm/s)* qabul qilingan.

**2. O`zgaruvchi kuchning ishi.** O`zgaruvchi kuchning ishini hisoblash uchun elementar ish tushunchasi kiritilgan. Elementar ish quyidagicha aniqlanadi (169-rasm):

$$d\,A=F_\tau\,ds\ . \quad (91.2)$$

(91.2) da $\vec{F}_\tau$ bilan $\vec{F}$ kuchning nuqta trayektoriyasiga o`tkazilgan urinmadagi proyeksiyasi belgilangan; *ds* esa nuqtaning elementar ko`chishidan iborat. $F_\tau=F\cos\alpha$ bo`lgani uchun (91.2) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$dA=F\cos\alpha\,ds\,. \quad (91.3)$$



169-rasm

(91.3) dan ko`rinib turibdiki, kuchning elementar ishi skalyar miqdor bo`lib, u kuchning nuqta trayektoriyasiga o`tkazilgan urinmadagi
proyeksiyasi bilan moddiy nuqta elementar ko`chishining ko`paytmasiga teng.

$\vec{F}$ kuchning $M_0\,M_1$ chekli oraliqdagi ishini aniqlash uchun (91.2) yoki (91.3) ni shu oraliqda integrallaymiz:

$$A=\int_{(M_0)}^{(M_1)} F_\tau\, ds=\int_{(M_0)}^{(M_1)} F\cos\alpha\, ds\,.$$

(91.4)

$\vec{V}=\dfrac{d\,\vec{r}}{d\,t}$ ifodadan $d\,\vec{r}=\vec{V}\,dt$, shuningdek, $ds=|\vec{V}|\,dt$ tengliklarni yoza olamiz. Binobarin, $|d\,\vec{r}|=ds$ deb (91.3) ni

$$d\,A=\vec{F}\,d\,\vec{r}=\vec{F}\,\vec{V}\,dt \tag{91.5}$$

ko`rinishda ifodalash mumkin.

Demak, kuchning elementar ishi kuch vektori bilan nuqta radius-vektori olgan elementar ko`chishi vektorining skalyar ko`paytmasidan iborat.

(91.5) dan foydalanib, elementar ishning analitik ifodasini quyidagicha yozish mumkin

$$dA=F_x\,dx+F_y\,dy+F_z\,dz\,, \tag{91.6}$$

bu yerda $F_x\,,F_y\,,F_z$ — kuchning koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari; $dx\,,dy\,,dz$ — ko`chish vektorining proyeksiyalaridir.

3. Quvvat. Kuchning vaqt birligidagi ishi quvvat deb ataladi.

$$N=\frac{dA}{dt} \tag{91.7}$$

yoki

$$N=\frac{F_\tau\,ds}{dt}=F_\tau\,V\,. \tag{91.8}$$

Demak, quvvat kuchning nuqta trayektoriyasiga o`tkazilgan urinmadagi proyeksiyasi bilan nuqta tezligining ko`paytmasiga teng.

(91.5) ni e'tiborga olsak, quvvatning

$$N=\vec{F}\,\vec{V}$$

skalyar ko`paytma orqali ifodasini hosil qilamiz.

SI da quvvat birligi qilib vatt olinadi $1W=1kgm^2/s^3$. Texnikada quvvat birligi qilib ot kuchi qabul qilingan: $1ot\ kuchi=75kgk\cdot m\approx 736W$.

Endi ishni hisoblashga oid misollarni ko`rib chiqamiz.

**1. Og`irlik kuchining ishi.** Og`irlik kuchi ta'siridagi M nuqta M_0 holatga o`tgan bo`lsin (170-rasm).

Og`irlik kuchi $\vec{G}$ ning koordinata o`qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha bo`ladi:

$$G_x = 0, G_y = 0, G_z = -G.$$

(91.6) formulaga asosan og`irlik kuchining elementar ishi:

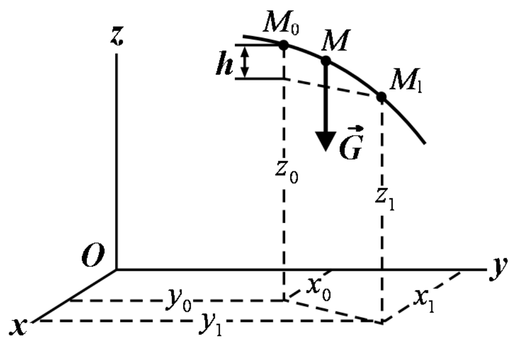
$$dA = G_z\, dz = -G\, dz.$$

Nuqta M_0 dan M_1 holatga kelganda $\vec{G}$ kuchning ishi esa:

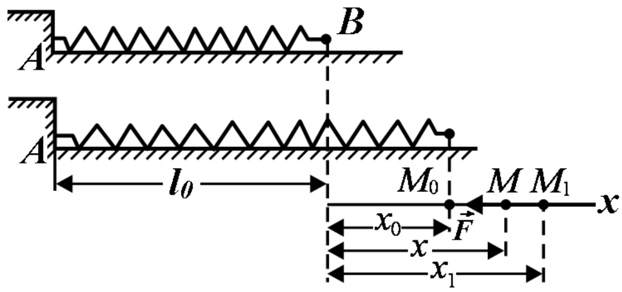
$$A = \int_{(M_0)}^{(M_1)} (-G)\, dz = -G \int_{(M_0)}^{(M_1)} dz = G(z_0 - z_1),$$

$|z_0 - z_1| = h$ deb belgilasak,

$$A = \begin{cases} Gh, & agar \quad z_0 > z_1 \\ -Gh, & agar \quad z_0 < z_1 \end{cases}. \qquad (91.9)$$



170-rasm



171-rasm

Agar mexanik sistema harakati tekshirilayotgan bo`lsa, sistema og`irlik kuchining ishi mazkur sistema og`irlik kuchi bilan inersiya markazi vertikal ko`chishining ko`paytmasiga teng,ya'ni:

$$A = \pm G h_S,$$

bu yerda h_S — inersiya (massa) markazining vertikal ko`chishi.

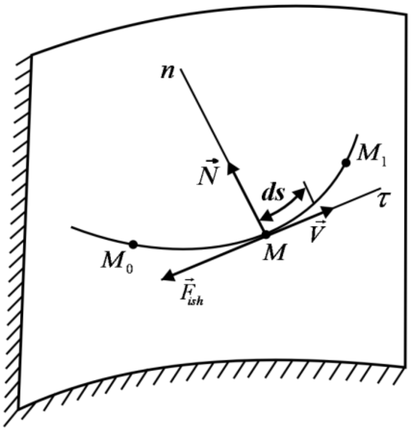
2. Elastiklik kuchining ishi. A uchi mahkamlangan prujinaning deformatsiyalanmagan holdagi uzunligi l_0 bo`lsin. Sanoq boshi deb prujinaning defor matsiyalanmagan holatidagi B uchini olamiz (171-rasm).

Prujinani biroz cho`zsak, prujinaning elastiklik kuchi $F$ sodir bo`ladi. Bu kuch prujina cho`zilishiga proporsional: $F = |cx|$,bunda: x— prujina deformatsiyasi.

Elastiklik kuchining ishi (91.4) formulaga ko`ra quyidagicha aniqlanadi:

$$A=\int_{(M_0)}^{(M_1)}(-cx)\,dx=-\int_{x_0}^{x_1}x\,dx=\frac{c}{2}(x_0^2-x_1^2)\,.$$
(91.10)

3. Ishqalanish kuchining ishi. Moddiy nuqta g`adir-budur sirt ustida harakatlanayotgan bo`lsin (172-rasm).



172-rasm

Ishqalanish koeffitsiyentini f, sirtning normal reaksiyasini $\vec{N}$ desak, ishqalanish kuchining moduli $F_{ish}=fN$ formula bilan aniqlanadi.

Ishqalanish kuchi nuqta ko`chishiga teskari yo`nalganini e'tiborga olib, (91.4) formuladan uning ishini hisoblaymiz:

$$A=-\int_{(M_0)}^{(M_1)}F_{ish}\,ds=-\int_{(M_0)}^{(M_1)}f\,N\,ds\,.$$
(91.11)

Ishqalanish kuchi o`zgarmas bo`lsa, uning ishi quyidagicha bo`ladi:

$$A=-F_{ish}\,s\,.$$
(91.12)

**4. Aylanma harakatdagi jismga qo`yilgan kuchning ishi.** *Oz* qo`zg`almas o`q atrofida aylanuvchi jismning M nuqtasiga $\vec{F}$ kuch ta'sir qilayotgan bo`lsin (173-rasm). $M$ nuqtadan $Oz$ gacha bo`lgan masofani h bilan belgilaymiz.

(91.2) formulaga binoan $\vec{F}$ kuchning ds elementar yoyni o`tishdagi elementar ishi

$dA=F_\tau\,ds$ yoki $dA=F_\tau\,h\,d\varphi$

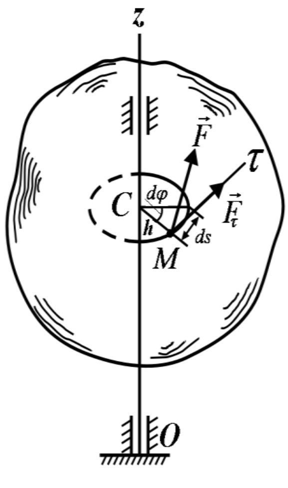
bo`ladi. Ammo, $F_\tau\,h=m_z(\vec{F})=M_z\,.$

Shuning uchun, $dA=M_z\,d\varphi\,.$ (91.13)

Demak, *aylanma harakatdagi jismga qo`yilgan kuchning elementar ishi kuchning aylanish o`qiga nisbatan momenti bilan elementar burilish burchagining ko`paytmasiga teng.*

Jism chekli φ_1 burchakka aulanganidagi kuchning

ishi $A=\int_0^{\varphi_1}M_z\,d\varphi\,.$ (91.14)



173-rasm

Agar $M_z=const$ bo`lsa (91.14) quyidagicha yoziladi:

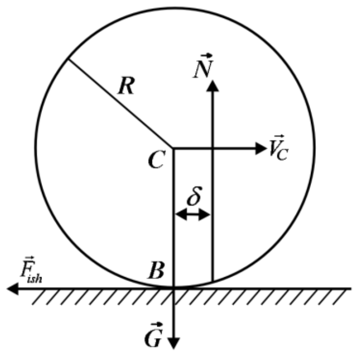
$$A=M_z\,\varphi_1\,. \qquad (91.15)$$

Aylanma harakatdagi jismga qo`yilgan kuchning quvvatini aniqlaylik:

$$N=\frac{dA}{dt}=M_z\frac{d\varphi}{dt}=M_z\,\omega\ . \qquad (91.16)$$

Demak, *aylanuvchi jismga qo`yilgan kuchning quvvati uning aylanish o`qiga nisbatan momenti bilan jism burchak tezligining ko`paytmasiga teng.*

5. Dymalashdagi ishqalanish kuchining ishi. Radiusi R bo`lgan g`ildirak tekislik (sirt) ustida sirpanmasdan dumalasin. Unga B nuqtada sirpanishga qarshilik qiluvchi $\vec{F}_{ish}$ ishqalanish kuchi ta’sir qiladi. G`ildirak sirpanmasdan dumalagani uchun $B$ nuqtaning ko`chishi ham bo`lmaydi. $\vec{F}_{ish}$ ishqalanish kuchining ishi nolga teng bo`ladi.



174-rasm

Ma’lumki, sirtlarning deformatsiyalanishi natijasida dumalashdagi ishqalanish momenti hosil bo`ladi (174-rasm);

$$M=\delta N\ ,$$

bunda; δ – dumalashdagi ishqalanish koeffitsiyenti, N – normal reaksiya kuchi.

G`ildirakning tezliklar oniy markazi $B$ atrofida aylanishini nazarda tutsak, $M$ momentning elementar ishi (91.13) ga ko`ra

$$dA=-\delta N\,d\varphi \qquad (91.17)$$

formuladan aniqlanadi.

(91.17) da $d\varphi$ bilan g`ildirakning burilish burchagi belgilangan.

Agar *M=const* bo`lsa, dumalashdagi ishqalanish momentining ishi quyidagicha bo`ladi:

$$A=-\delta N\,\varphi_1\ . \qquad (91.18)$$

6. Qattiq jism ichki kuchlarining ishi. Mexanik sistemaga tashqi kuchlardan tashqari ichki kuchlar ham ta’sir qiladi. Agar sistema o`zgaruvchan bo`lsa, ichki kuchlarning ishi nolga teng emas. Bunga snaryadning to`p stvolidan otilib chiqishidagi hosil bo`ladigan hodisani, ya’ni stvolning orqaga tepishini misol qilib keltirish mumkin. Bu hodisada stvol va snaryadga ta’sir qiluvchi kuchning ishi nolga teng bo`lmaydi.

Agar sistema o`zgarmas, ya’ni qattiq jismdan iborat bo`lsa, ichki kuchlar ishlarining yig`indisi nolga teng. Buni quyidagicha isbotlash mumkin.

Jismning ikkita M_1 va M_2 nuqtasining o`zaro ta’sir kuchlari ichki kuchlar bo`lib, ta’sir aks ta’sir qonuniga ko`ra $\vec{F}^{\,i}_{12}=-\vec{F}^{\,i}_{21}$ (175-rasm).

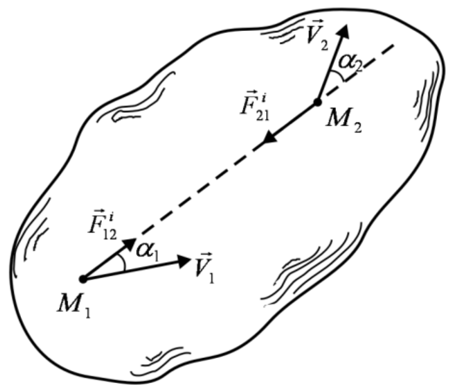
$\vec{F}^{\,i}_{12}$ va $\vec{F}^{\,i}_{21}$ kuchlar elementar ishlarining yig`indisi (91.5) ga ko`ra

$$dA^i_1+dA^i_2=\vec{F}^{\,i}_{12}\vec{V}_1\,dt+\vec{F}^{\,i}_{21}\vec{V}_2\,dt=\vec{F}^{\,i}_{12}\vec{V}_1\,dt-\vec{F}^{\,i}_{12}\vec{V}_2\,dt$$

yoki

$$dA_1^i + dA_2^i = F_{12}^i V_1 \cos\alpha_1\, dt - F_{12}^i V_2 \cos\alpha_2\, dt =$$
$$= F_{12}^i (V_1 \cos\alpha_1 - V_2 \cos\alpha_2)\, dt$$

bo`ladi. Kinematikadan ma'lumki, jism ikki nuqtasi tezliklarnining mazkur nuqtalarni tutashtiruvchi o`qdagi proyeksiyalari tengdir:



175-rasm

$$V_1 \cos\alpha_1 = V_2 \cos\alpha_2 .$$

Shuning uchun yuqoridagi tenglikni quyidagicha yozish mumkin:

$$dA_1^i + dA_2^i = 0 .$$

Demak, qattiq jism ichki kuchlar elementar ishlarining yig`indisi nolga teng:

$$dA^i = \sum dA_\nu^i = 0 . \qquad (91.19)$$

25– MA'RUZA. **TUTASH MUHITLAR MEXANIKASI TUSHUNCHASI.**

TUTASH MUHIT – KO'P ZARRALI SISTEMANING MODELI SIFATIDA

YAXLIT MUHIT MEXANIKASI ELEMENTLARI

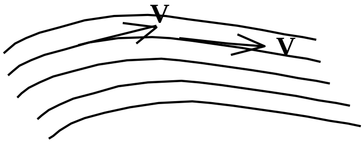
Reja:

1. Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari.
2. Suyuqlik harakatining kinematik tavsiflash.
3. Bernulli tenglamasi va uni qo'llanilishi.
4. Yopishqoqlik koeffitsienti. Suyuqlikni quvrdagi oqimi. Puazeyl formulasi.
O'xshashlik qonuni.
5. Stoks formulasi. Gidrodinamik betayinlik.Turbulentlik.

Tayanch so'zlar va iboralar: Suyuqlik xossalari, gaz xossalari, oqish, oqim, oqim chiziqlari, barqaror oqish, oqim nayi, harakat tenglamasi, uzulmaslik tenglamasi, ideal suyuqlik tenglamasi, Bernulli qonuni. Ichki ishqalanish kuchi, yopishqoqlik koeffitsienti. Nyuton formulasi, tezlik gradienti, laminar oqim, turbulent oqim, ro'baro' qarshilik kuchi, ko'taruvchi kuch, kinematik yopishqoqlik, Stoks qonuni, Reynolds soni.

1. Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari.

Suyuqlikning harakatlanishi haqida fikr yuritish uchun qattiq jismlarga xos bo‘lmagan yangi tushuncha va kattaliklardan foydalanamiz. Xususan, *suyuqlikning harakatlanishi oqish deyiladi va harakatlanayotgan suyuqlik zarralarning to‘plamini oqim deb yuritiladi.* Oqimdagi har bir zarra muayyan paytda aniq ϑ tezlikka ega. Lekin suyuqlikning har bir individual zarrasi harakatini kuzatishdan ko‘ra boshqacharoq yo‘l tutgan maoqul. Buning uchun oqim chiziqlari tushunchasidan foydalaniladi. *Oqim chizig‘i suyuqlik ichidagi shunday hayoliy chiziqki, uning har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma chiziq urinish nuqtasi orqali o‘tayotgan suyuqlik zarrasi oniy tezligining yo‘nalishiga mos bo‘ladi* (rasm - 11.1). Oqim chiziqlari yordamida tezlik vektorining yo‘nalishinigina emas, balki tezlik qiymatini ham tasvirlash mumkin. Buning uchun suyuqlik harakati yo‘nalishiga perpendikulyar ravishda muayyan sohaga joylashtirilgan birlik yuzani kesib o‘tuvchi oqim chiziqlarning soni shu sohadagi suyuqlik zarralari tezligining qiymatiga proporsional qilib o‘tkazilishi lozim. Demak, *tezligi kattaroq bo‘lgan sohalarda oqim chiziqlari zichroq bo‘ladi.*

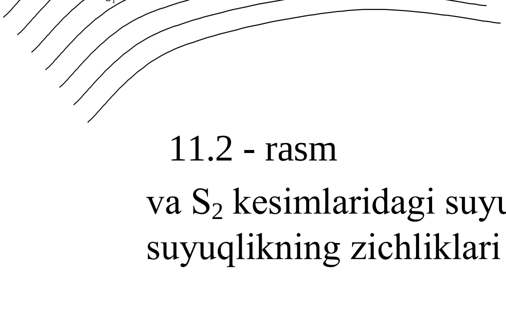


11.1 - rasm

Oqim chiziqlarining manzarasi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi mumkin. Lekin *oqim egallagan fazoning ixtiyoriy biror nuqtasidan o‘tayotgan suyuqlik zarralarining tezliklari o‘zgarmas bo‘lsa, oqim chiziqlarining shakli va vaziyati vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi. Oqim chiziqlarining manzarasi o‘zgarmaydigan holdagi suyuqlikning harakatini barqaror yoki statsionar oqish deb ataladi.* Statsionar oqishdagi oqim chiziqlari suyuqlik zarrachalarning traektoriyasi sifatida ham hizmat qiladi.

2. Suyuqlik harakatini kinematik tavsiflash

Suyuqlik oqimining statsonar harakatini tekshirish uchun uni hayolan oqim naylariga ajratiladi va har bir oqim nayidagi harakat o‘rganiladi. *Oqim nayi deganda suyuqlik oqimining shunday hayoliy qismi tushuniladiki, uning yon sirtlari oqim chiziqlaridan tashkil topgan bo‘lishi kerak* (rasm – 11.2). *Bunday nay ichidagi suyuqlik zarrachalari undan tashqariga chiqa olmaydi va nay tashqarisidagi zarralar uning ichiga kira olmaydi.* Odatda, oqim nayining ko‘ndalang kesimi etarlicha kichik qilib olinadiki, natijada mazkur kesimning barcha nuqtalaridan o‘tayotgan suyuqlik zarralarining tezliklarini birday deb hisoblash mumkin. *Oqim nayi ichidagi suyuqlik sharra deb ataladi.* 11.2 - rasmda tasvirlangan oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridagi suyuqlik oqimining tezliklari mos ravishda V_1 va V_2, suyuqlikning zichliklari esa ρ_1 va ρ_2 bo‘lsin.



11.2 - rasm

Oqim nayining S_1 va S_2 kesimlaridan 1 s davomida statsionar ravishda oqib o‘tayotgan suyuqlik massalari $m_1 = \rho_1 V_1 S_1$ va $m_2 = \rho_2 V_2 S_2$ o‘zaro teng bo‘lishi kerak ($m_1 \neq m_2$ bo‘lgan holda suyuqlikni oqishi statsionar bo‘lmaydi).

Shuning uchun

$$\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2 \qquad (11.1)$$

munosabat o‘rinli. Siqilmas suyuqliklar uchun $\rho_1 = \rho_2$ bo‘ladi. Natijada (11.1) quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$V_1 S_1 = V_2 S_2 \qquad (11.2)$$

(11.1) ifoda siqiluvchan suyuqliklar uchun, (11.2) esa siqilmas suyuqliklar uchun uzilmaslik tenglamasidir. (11.2) ga asosan, oqim nayi ensizroq bo‘lgan sohalarda suyuqlikning oqim tezligi ortib boradi.

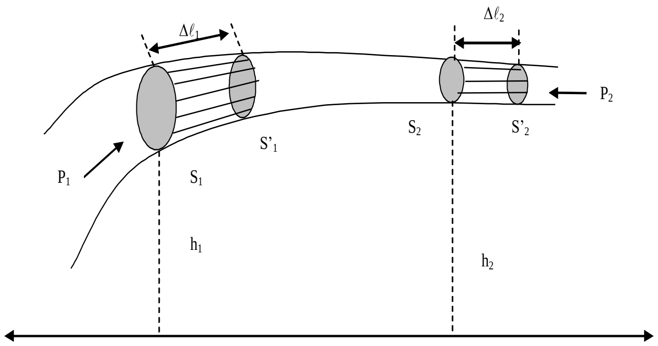
Demak, *siqilmas suyuqlik uchun oqim nayi ko‘ndalang kesimining yuzini shu kesimdan o‘tayotgan suyuqlikning oqim tezligiga ko‘paytmasi mazkur oqim nayi uchun doimiy kattalikdir.*

$$S \cdot \vartheta = \text{const} \qquad (11.2')$$

Suyuqliklar siqiluvchanlik va ichki ishqalanish hossalariga ega. Suyuqlik harakatini o‘rganish chog‘ida bu hossalarning barchasini hisobga olmoqchi bo‘lsak masala ancha murakkablashadi. Shu sababli suyuqlik oqimining umumiy manzarasini tekishirayotganda ideal suyulik modelidan foydalanish ancha qulaylik tug‘diradi. *Ideal suyuqlik deganda yopishqoqlikka ega bo‘lmagan siqilmas suyuqlik tushuniladi.* Ideal suyuqlik uchun hosil qilingan xulosalarni siqiluvchanligi va yopishqoqligi kuchsiz namoyon bo‘ladigan real suyuqliklarga ham qo‘llash mumkin.

26-MAVZU IDEAL SUYUQLIK HARAKAT TENGLAMALARI. GIDROSTATIKA. BERNULLI INTEGRALI.BERNULLI TENGLAMASI VA UNI QO‘LLANILISHI.

Ideal suyuqlikning oqim tezligi va bosimi orasidagi bog‘lanishni aniqlaylik. Buning uchun ideal suyuqlik barqaror oqim ichida ko‘ndalang kesimi etarlicha kichik bo‘lgan oqim nayini hayolan ajrataylik (rasm – 11.3). Oqim nayining S_1 kesimidagi suyuqlik tezligi va bosimini mos ravishda V_1 va R_1 bilan, S_2 kesimidagilarni esa V_2 va R_2 harflari bilan belgilaylik.



11.3-rasm

S_1 va S_2 kesimlar markazlarining biror gorizontal satxidan balandliklari mos ravishda h_1 va h_2 bo‘lsin. S_1 va S_2 kesimlar bilan chegaralangan oqim nayi ichidagi suyuqlik massasining Δt vaqt davomidagi to‘liq energiyasining o‘zgarishini aniqlaylik. SHu vaqt davomida suyuqlikning tekshirilayotgan massasi oqim nayi bo‘ylab o‘ng tomonga siljib qoladi va Δt vaqtning oxirida S_1' va S_2'

kesimlar bilan chegaralangan xajmni egallaydi. 11.3 - rasmdan ko'rinishicha, tekshirilayotgan suyuqlik massasining S_1 va S_1' kesimlar orasidagi m massali suyuqlik

$$W_1 = \frac{m\vartheta_1^2}{2} + mgh_1$$

to'liq energiyaga ega bo'lgan vaziyatdan S_2 va S_2' kesimlar orasidagi xajmni egallagan

$$W_2 = \frac{m\vartheta_2^2}{2} + mgh_2$$

to'liq energiyali vaziyatga o'tib qolgandek bo'ladi. Natijada tekshirilayotgan suyuqlik massasining S_1 va S_2 kesimlar bilan chegaralangan vaziyatga ko'chishi tufayli uning to'liq energiyasi

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \left(\frac{m\vartheta_2^2}{2} + mgh_2\right) - \left(\frac{m\vartheta_1^2}{2} + mgh_1\right) \qquad (11.3)$$

miqdoriga o'zgaradi. Energiyaning bu o'zgarishini mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan, tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng bo'lishi lozim. Mazkur holda ish bajaradigan tashqi kuchlar - oqim nayining tekshirilayotgan qismiga suyuqlik tomonidan ta'sir etuvchi bosim kuchidir. Oqim nayining yon devorlariga ta'sir etuvchi bosim kuchlari suyuqlik zarralarining harakati yo'nalishiga tik bo'lganligi uchun ular xech qanday ish bajarmaydi. Shuning uchun S_1 va S_2 kesimlar orqali ta'sir etuvchi $F_1 = R_1 S_1$ va $F_2 = R_2 S_2$ kuchlargina ish bajaradi. Δt vaqt davomida S_1 - kesimdagi suyuqlik zarralari $\Delta\ell_1 = \vartheta_1 \Delta t$ masofaga siljiganligi tufayli F_1 kuch bajargan ishning qiymati

$$\Delta A_1 = F_1 \Delta\ell_1 = R_1 S_1 \vartheta_1 \Delta t$$

ifoda bilan aniqlanadi va bu ish musbat. R_2 - bosim kuchi suyuqlik zarralarining ko'chish yo'nalishlariga teskari bo'lganligi tufayli u bajargan ish manfiy, ya'ni

$$\Delta A_2 = -F_2 \Delta\ell_2 = -R_2 S_2 \vartheta_2 \Delta t$$

bo'ladi.

Natijada tashqi kuchlarning to'liq ishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta A = \Delta A_1 + \Delta A_2 = R_1 S_1 \vartheta_1 \Delta t - R_2 S_2 \vartheta_2 \Delta t \qquad (11.4)$$

3-rasmdan ko'rinadiki, $S_1 \vartheta_1 \Delta t$ - oqim nayiga Δt vaqt davomida S_1 kesim orqali kirayotgan suyuqlik hajmi, $S_2 \vartheta_2 \Delta t$ esa S_2 kesimdan chiqayotgan suyuqlikning hajmi. Ikkinchi tomondan, uzilmaslik tenglamasiga asosan, $S_1 \vartheta_1 = S_2 \vartheta_2$. Shuning uchun

$$S_2 \vartheta_2 \Delta t = S_2 \vartheta_2 \Delta t = \Delta V$$

Natijada (11.4) ni quyidagicha yoza olamiz

$$\Delta A = R_1 \Delta V - R_2 \Delta V \qquad (11.5)$$

Yuqorida qayd qilganimizdek, ideal suyuqlikning statsionar oqimida $\Delta W = \Delta A$ shart bajarilishi lozim. Shunga asosan (11.3) va (11.5) ifodalarni birlashtirib quyidagi tenglamani hosil qilamiz.

$$\frac{m\vartheta_1^2}{2}+mgh_1+P_1\Delta V=\frac{m\vartheta_2^2}{2}+mgh_2+P_2\Delta V$$

Bu tenglikni ikkala tomonini ΔV ga bo‘lib yuborsak va m/ΔV = ρ suyuqlik zichligi ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama yangi ko‘rinishdagi quyidagi

$$\frac{\rho\vartheta_1^2}{2}+\rho g h_1+P_1=\frac{\rho\vartheta_2^2}{2}+\rho g h_2+P_2 \tag{11.6}$$

munosabat vujudga keladi. Hisoblashlarda S_1 va S_2 kesimlarni ixtiyoriy ravishda tanlagan edik. Shuning uchun (6) munosabat oqim nayining ixtiyoriy kesimlariga ham talluqlidir.

Demak, *statsionar oqayotgan ideal suyuqlikning ixtiyoriy oqim chizig‘i bo‘ylab*

$$\frac{\rho\vartheta^2}{2}+\rho g h+p=const \tag{11.7}$$

shart bajariladi. Bu ifodani Bernulli tenglamasi deb ataladi.

Bernulli tenglamasida qo‘shiluvchi hadlarning fizik ma’nosi bilan tanishaylik:

1. *r -harakatlanuvchi suyuqlik ichidagi bosim, statik bosim deb ataladi.* (11.7) ga asosan statik bosim

$$p=const-\frac{\rho\vartheta^2}{2}-\rho g h \tag{11.8}$$

munosabat bilan aniqlanadi. Agar mazkur ifodada ϑ = 0, h = 0 deb olsak, r = r_0 = const bo‘ladi. Bundan Bernulli tenglamasidagi o‘zgarmasning ma’nosi kelib chiqadi: u tinch turgan suyuqlikning sanoq boshi tarzida qabul qilingan sathdagi (nolinchi sath) bosimdir. U holda (11.8) ga asosan, oqim tezligi ortsa yoki oqim nayini nolinchi sathga nisbatan balandroq ko‘tarilsa, statik bosimning qiymati kamayadi, degan xulosaga kelamiz.

2. $\frac{\rho\vartheta^2}{2}$ – *dinamik bosim.* U suyuqlik ichidagi bosim suyuqlikning harakatlanishi tufayli qandaydir miqdorga kamayishini harakterlaydi.

3. ρgh - *gidravlik bosim.* U oqim nayi h balandlikka ko‘tarilgan taqdirda statik bosimning qanchagacha kamayishini ifodalaydi.

Bularni hisobga olib Bernulli tenglamasining mohiyatini quyidagicha ta’riflash mumkin: *ideal suyuqlikning statsionar oqimdagi to‘liq bosim - dinamik, gidravlik va statik bosimlarning yig‘indisidan iborat bo‘lib, uning qiymati oqim nayining barcha kesimlari uchun birday bo‘ladi.*

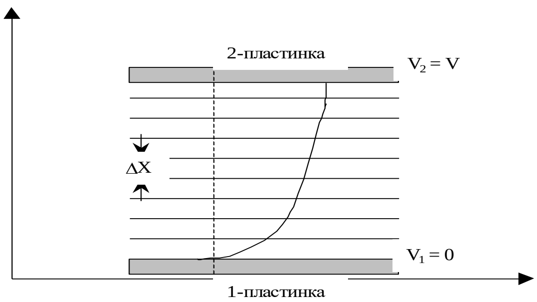
Bosimni xalqaro birliklar tizimi “SI” dagi o‘lchov birligi sifatida 1 m^2 yuzaga tik ravishda ta’sir etayotgan 1 N kuchning bosimi qabul qilinib, unga Paskal (Pa) deb nom berilgan

$$[P]=\left[\frac{F}{S}\right]=\left[\frac{Н}{м^2}\right]=Па$$

4. Yopishqoqlik koeffitsienti. Suyuqlikni quvrdagi oqimi. Puazeyl formulasi, o‘xshashlik qonuni.

Suyuqlik (gaz) qatlamlarining bir-biriga nisbatan harakatlanishi jarayonida ichki ishqalanish kuchlari vujudga keladi. Bunga quyidagi tajribada ishonch hosil qilish mumkin. Ikki o‘zaro paralel gorizontal plastinkalarning biri ikkinchisining tepasida joylashgan bo‘lib, ular oralig‘ida biror suyuqlik, masalan, suv qatlami mavjud (11.4-rasm). Pastdagi plastinka harakatlanmaydi, ya’ni $\vartheta_1 = 0$. Yuqoridagi plastinkani $\vartheta_2 = \vartheta$ tezlik bilan harakatlantiraylik. Bu plastinkaga bevosita tegib turgan suyuqlik qatlami molekulyar tutinish kuchi tufayli plastinkaga yopishgan bo‘ladi va u bilan birga ϑ tezlik bilan harakatlanadi. Pastdagi plastinkaga bevosita tegib turgan suyuqlik qatlami esa shu ko‘zg‘almas plastinkaga yopishganligi tufayli harakatlanmaydi. Oraliq qatlamlarning tezliklari esa 11.4-rasmda tasvirlangan .

Suyuqlik har bir qatlamning o‘ziga qo‘shni quyi qatlamga nisbatan tezligi harakatlanayotgan plastinka yo‘nalishida, qo‘shni yuqori qatlamga nisbatan tezligi esa plastinka harakatiga teskari yo‘nalgan bo‘ladi. Bundan quyidagi hulosaga kelamiz: suyuqlikning ikki qo‘shni qatlamlariga oid molekulalar orasidagi o‘zaro tutinish tufayli quyi qatlam yuqori qatlam tezligini kamaytiradi va aksincha, yuqori qatlam quyi qatlam tezligini oshiradi. *Suyuqlikning bir-biriga nisbatan harakatlanayotgan qatlamlari orasida vujudga kelayotgan bu kuchni ichki ishqalanish kuchi deb yuritiladi, ichki ishqalanish kuchi bilan bog‘liq bo‘lgan suyuqlik hossasi esa yopishqoqlik deb ataladi.*



11.4-rasm

Tajribalarning ko‘rsatishicha, *suyuqlikning ikki qatlami orasidagi ichki ishqalanish kuchi (F) ning qiymati qatlamlarning bir-biriga tegish sohasining yuzi (S) ga va tezlik gradienti deb ataladigan* $\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x}$ *kattalikka to‘g‘ri proporsional :*

$$F = \eta S \frac{\Delta\vartheta}{\Delta x} \qquad (11.9)$$

Bu ifoda Nyuton formulasi deb ataladi. Undagi *tezlik gradienti suyuqlik qatlamlari tezliklarining bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o‘tganda (OX yo‘nalishida) o‘zgarish jadalligini harakterlaydi. (11.9) dagi η - suyuqlikning tabiatiga bog‘liq bo‘lib, u suyuqlikning (dinamik) yopishqoqlik koeffitsienti deb yuritiladi.*

Yopishqoqlik koeffitsientining o‘lchov birligini

$$\eta = \frac{F}{S\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x}} \qquad (11.10)$$

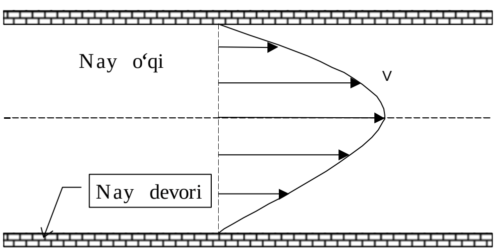
munosabatdan foydalanib aniqlaymiz: yopishqoqlikning xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birligi sifatida shunday suyuqlikning yopishqoqligi qabul qilinishi kerakki, tezlik gradienti $\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x}=1c^{-1}$ bo‘lgan holda mazkur suyuqlikning ikki bir-biriga tegib turgan qatlami orasidagi S = 1m^2 sirtda 1N ga teng ichki ishqalanish kuchi vujudga keladi. Bu birlik paskal - sekund (Pa ·s) deb ataladi. Haqiqatan, (11.10) da F, S, $\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x}$ larning o‘rniga ularning xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birliklarini qo‘yib $[\eta]=\frac{H}{м^2c^{-1}}=\frac{H}{м^2}\cdot c=Па*c$ ni hosil qilamiz.

Adabiyotlarda yopishqoqlikning puaz (P) deb ataladigan lekin foydalanilmaydigan o‘lchov birligi ham uchraydi: 1Puaz = 0,1Pa ·s.

Suyuqliklarning yopishqoqligi temperaturaga teskari proporsional ravishda o‘zgaradi. Buning sababi - temperatura ortishi bilan suyuqlik molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sirning susayishidadir .

5. Stoks formulasi. Gidrodinamik betayinlik.Turbulentlik.

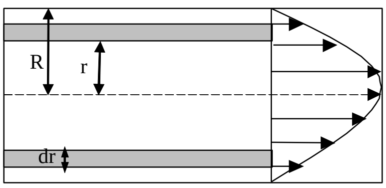
Suyuqlik oqishining turlari haqida fikr yuritaylik. Buning uchun yana bir marta suyuqlikning qatlamsimon oqishi qanday vujudga kelishi bilan tanishaylik.



11.5-rasm

Molekulyar tutinish tufayli suyuqlikning qattiq jismga bevosita tegib turgan yupqagina qatlami shu qattiq jismga “yopishgan” bo‘ladi. Qattiq jism harakatlangan xolda, 11.2- rasmda tasvirlangan tajribadagi yuqori plastinka harakatlanganda unga “yopishgan” suyuqlik qatlami ham harakatlanadi. Ichki ishqalanish kuchlari tufayli bu qatlam qo‘shni qatlamni ilashtiradi, u esa o‘ziga qo‘shni bo‘lgan yana bir qatlamni ilashtiradi va hokazo. Qattiq jism sirtidan unga perpendikulyar yo‘nalishda uzoqlashgan sari suyuqlik qatlamlarining tezliklari kamayib boradi.

Suyuqlikning qatlamsimon oqishini kuzatish maqsadida shaffof shishadan yasalgan qo‘zg‘almas nayni gorizontal ravishda joylashtirib, uning ichidan biror suyuqlikni (suv) tashqaridan bosim berish usuli bilan oqizaylik. Tashqaridan berilayotgan bosimga monand ravishda suvning oqish tezligini o‘zgartirish mumkin. Suv oqishning manzarasini kuzatish uchun suv oqimi ichiga biror rangli suyuqlik sharrasini kirgizamiz. Kuzatishlardan aniqlanishicha, suv oqimining unchalik katta bo‘lmagan tezliklarda rangli sharraning shakli nayning barcha qismlarida saqlanadi. Demak, suyuqlik zarralarining bir qatlamdan boshqa qatlamga o‘tishlari sezilarli darajada kuzatilmaydi. Boshqacha qilib aytganda, *suyuqlik qatlamlari bir-biri bilan aralashmasdan bir-biriga nisbatan siljiydi, ya’ni qatlamsimon oqish sodir*



11.6-rasm

bo‘ladi. Suyuqlikning bunday harakatlanishi laminar oqish deb ataladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, laminar oqish sodir bo‘layotgan suyuqlik qatlamlarining tezliklari nay o‘qidan uzoqlashgan sari parabolik qonun asosida o‘zgarib boradi.

Ingichka kapilyar quvrlardagi suyuqlikning laminar oqishini fransuz fizik va fiziolog olimi J.Puazeyl (1799 - 1869) tekshirgan. R - radiusli va ℓ uzunlikdagi kapilyar kuvrni olamiz. Suyuqlik ichida qalinligi dr va r radius bilan chegaralangan qatlamni fikran ajratib olamiz 11.3 - rasm. Bu qatlamga ichki tomondan ichki ishqalanish kuchi ta’sir etadi.

$$F = -\eta \frac{d\vartheta}{dr} S = -\eta 2\pi r \ell \frac{d\vartheta}{dr}$$

Berilgan suyuqlikning oqimi uchun ichki ishqalanish kuchi tsilindirning chekkalaridagi bosimlar farqiga proporsional bo‘ladi:

$$-\eta 2\pi r \ell \frac{d\vartheta}{dr} = \Delta p \pi r^2$$

bundan

$$d\vartheta = \frac{-\Delta p}{2\eta \ell} r dr$$

Silindr o‘qidan R masofada suyuqlikning tezligi $\vartheta = 0$ deb hisoblab, oxirgi tenglamani integrallash orqali quyidagini hosil qilamiz.

$$\vartheta = \frac{\Delta \mathrm{P}}{4\eta\ell}(R^2 - r^2) \qquad (11.11)$$

Bundan ko‘rinadiki trubada suyuqlik zarrachalarning tezligi parabolik qonun asosida o‘zgarib boradi, parabolaning cho‘qqisi (eng katta qiymati) quvrning o‘qiga to‘g‘ri keladi.

t vaqt ichida trubadan oqib chiqayotgan suyuqlikning hajmi:

$$V = \int_0^R \vartheta t 2\pi r\, dz = \frac{2\pi \Delta \mathrm{P}\, t}{4\eta \ell} \int_0^R r\left(R^2 - r^2\right) dr = \frac{\pi \Delta \mathrm{P}\, t}{2\eta \ell}\left[\frac{r^2 R^2}{2} - \frac{r^4}{4}\right]_0^R = \frac{\pi R^4 \Delta \mathrm{P}\, t}{8\eta \ell} \qquad (11.12)$$

Bundan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta \mathrm{P}\, t}{8 \vartheta \ell} \qquad (11.13)$$

ifoda bilan xarakterlanadi.

Suvning naydagi oqish tezligini oshirib borsak, tezlikning biror qiymatidan (kritik qiymat) boshlab rangli suyuqlik sharrasi nay kesimi bo‘ylab yoyila boshlaydi. *Oqimning qatlamsimonligi buzilib, suyuqlikning aralashishi sodir bo‘ladi. Suyuqlikning bunday harakatlanishini turbulent oqish deb ataladi.* Turbulent oqishi jarayonida suyuqlik zarralarining tezliklari xaotik ravishda o‘zgarib turadi. Shuning uchun nay kesimining u yoki bu nuqtasidagi suyuqlik zarrasining o‘rtacha tezligi haqida mulohaza yuritish mumkin. Suyuqlikning aralashishi tufayli nay kesimining deyarli barcha qismida zarralar bir xil o‘rtacha tezliklar bilan harakatlanadi. Faqat nay devorlariga bevosita yaqin qatlamdagina o‘rtacha tezlik boshqa qatlamdagiga nisbatan kichik bo‘ladi. Bundan laminar oqishda suyuqlikning yopishqoqligi nay kesimining barcha qismida, turbulent oqishda esa faqat nay kesimining devorlariga juda yaqin qismida nomoyon bo‘ladi degan xulosa kelib chiqadi.

Demak, *nay orqali oqayotgan suyuqlik tezligining biror kritik qiymatidan boshlab oqish turbulentlik harakteriga ega bo‘la boshlaydi. Tekshirishlar natijasida suyuqlik oqishining xarakteri Reynolds soni (Re) deb ataladigan*

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \vartheta \ell}{\eta} \qquad (11.14)$$

o‘lchamsiz kattalikka bog‘liqligi aniqlangan.

(11.14) dagi:

ρ - suyuqlik zichligi,

ϑ - nay kesimi bo‘yicha suyuqlik oqishining o‘rtacha tezligi,

η - suyuqlikning yopishqoqligi,

ℓ - nay kesimining o‘lchami.

(11.14) dagi *η va ρ larning nisbatini kinematik yopishqoqlik deb ataldigan $\nu = \eta/\rho$ kattalik* bilan almashtirsak, quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\mathrm{Re} = \vartheta \cdot \ell / \nu \qquad (11.15)$$

Kinematik yopishqoqlik (m^2/s) birligi bilan o‘lchanadi. 1 m^2/s - zichligi 1kg/m^3 va dinamik yopishqoqligi 1 Pa ·s bo‘lgan suyuqlikning kinematik yopishqoqligidir. Tajribalarning ko‘rsatishicha, oddiy sharoitlarda silindrsimon naylar orqali suyuqlikning oqimi laminar xarakterga ega bo‘lishi uchun $\mathrm{Re} < 2300$, turbulent oqim namoyon bo‘lishi uchun esa $\mathrm{Re} > 2300$ bo‘lishi lozim.

Qattiq jism va suyuqlikning o‘zaro ta’sirlashishida vujudga keluvchi kuchlar qo‘zg‘almas suyuqlik ichida qattiq jism harakatlanganda ham yoki suyuqlik harakatlanib qattiq jism esa qo‘zg‘almas bo‘lganda ham, bir hil bo‘ladi.

Qattiq jism suyuqlikda harakatlanish jarayonida qarshilikka uchraydi. Suyuqlik tomonidan jismga ta’sir etuvchi kuch, umumiy holda, harakat yo‘nalishi bilan biror burchak hosil qiladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, bu kuch ikki kuchning yig‘indisidan iborat (11.4-rasm):

1) Harakatga qarshilik ko‘rsatuvchi kuch suyuqlik oqishi bo‘ylab yo‘nalgan, uni ro‘baro‘ (peshona) qarshilik kuchi (Fr) deb ataladi.

2) Suyuqlikning oqimga perpendikulyar ravishda ta’sir etadigan kuch, uni ko‘taruvchi kuch (F) deb ataladi.

Bu kuchlarning vujudga kelishi va tabiati bilan tanishaylik. Tekshirishlardan aniqlanishicha, mazkur kuchlar qattiq jismga tegib turgan suyuqlik qatlami (chegaraviy qatlam) da yuzaga keladi. Chegaraviy qatlam deganda suyuqlikning shunday qatlami tushuniladiki, undagi suyuqlik zarralarining tezligi noldan suyuqlik oqish tezligiga teng bo‘lgan qiymatigacha o‘zgaradi. Binobarin, chegaraviy qatlamda suyuqlikning yopishqoqligi tufayli tezlik gradienti mavjud. Chegaraviy qatlam qalinligi taqriban

$$\delta = \frac{\ell}{\sqrt{\text{Re}}} \qquad (11.16)$$

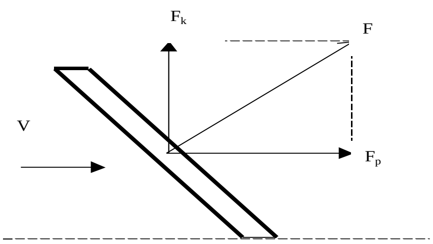
ifoda yordamida aniqlanishi mumkin.

(11.16) dagi:

ℓ - jismning harakterli o‘lchami,

Re - Reynolds soni.

Suyuqlik va jismning, bir-biriga nisbatan tezligi unchalik katta bo‘lmagan xollarda harakatga ko‘rsatiladigan qarshilik kuchi suyuqlikning yopishqoqligi bilan bog‘liq. Agar suyuqlik yopishqoqligi, jismning shakli va o‘lchamlari hamda jismning suyuqlik oqishi yo‘nalishiga nisbatan joylashishini hisobga oluvchi S_x koeffitsientidan foydalansak



11.7-rasm

$$F_{ishq} = S_x \cdot \vartheta \qquad (11.17)$$

munosabat o‘rinli bo‘ladi.

Reynolds sonining qiymati birga yaqin bo‘lganda chegaraviy qatlam qalinligi jism o‘lchami bilan taqqoslanadigan darajada, Re < 1 da esa chegaraviy qatlam oqimning deyarli barcha sohasini egallaydi. Bunday hol uchun *r radiusli sharsimon jismning harakatiga suyuqlik tomonidan ko‘rsatiladigan qarshilik kuchi ishqalanish kuchidan iborat bo‘ladi va u*

$$F_{ishq} = 6\pi\eta\vartheta r \qquad (11.18)$$

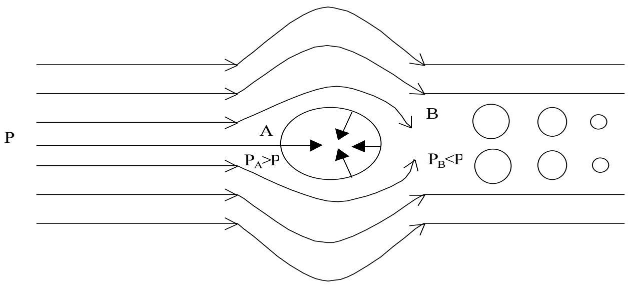
ifoda bilan aniqlanadi. (11.11) ni Stoks ((1819 - 1903) ingliz fizik olimi) formulasi deb ataladi.

Oqish tezligining ancha katta qiymatlarida, masalan, Re $\geq 10^4$ bo‘lganda, chegaraviy qatlamning qalinligi (δ) jism o‘lchamining 0,01 ulushidan ham kichik bo‘ladi. Mazkur holda jismni o‘rab turgan yupqa chegaraviy qatlam suyuqlikning umumiy oqimidan keskin ajralib turadi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, suyuqlik va jismning bir-biriga nisbatan harakat tezligini orttirib borsak, biror paytda manzara o‘zgaradi (11.5-rasm). Jismning orqa tomonida uyurmalar vujudga kelib, ular vaqt-vaqti bilan uziladi. Oqim bu uyurmalarni olib ketishi tufayli uyurmalardan iborat yo‘l hosil bo‘ladi. Jismdan ancha uzoqlikda uyurmalar yo‘qolib, yana oqish qatlamsimon shaklini tiklaydi. G‘alayonlanmagan suyuqlikni bosimini R deb belgilasak, jismning orqa tomonida vujudga kelayotgan uyurmalar sohasidagi bosim R_V<R.

Jismning old qismidagi bosim esa, Bernulli tenglamasiga asosan, R_A>R.

Shuning uchun

suyuqlik tomonidan jismga ko‘rsatiladigan natijaviy bosim kuchi (F_V) oqish yo‘nalishida ta’sir etadi. Uning qiymati oqish tezligi (ϑ) ga, suyuqlik zichligi (ρ) ga va jism orqasida hosil bo‘ladigan uyurmalar sohasining kattaligiga bog‘liq bo‘lib,



11.8-rasm

$$F_B = C_x * S * \frac{\rho\vartheta^2}{2} \qquad (11.19)$$

ifoda bilan aniqlanishi mumkin. Bunda S - jismning oqishga tik yo‘nalishga proeksiyasining yuzi. SHuni alohida qayd qilmoq lozimki, jism shaklining bosim qarshiligiga xissasi juda sezilarli bo‘ladi.

Samolyot qanotining ko‘tariluvchanlik xislati ham ko‘taruvchi kuchdan foydalanishga asoslangan. Ko‘taruvchi kuch (11.19) ga o‘xshash quyidagi ifoda bilan aniqlanishi mumkin:

$$F_k = C_u \cdot \frac{\rho\vartheta^2}{2} \cdot S \qquad (11.20)$$

Samolyot qanoti uchun ko‘tarish kuchi juda katta bo‘lishi, bosim kuchi esa (peshona qarshilik kuchi) juda kichik bo‘lishi lozim. Qanotning sifati $K = S_u/S_x$ ifoda bilan aniqlanadi.

Ko‘taruvchi kuch koeffitsientiga jismlar geometrik shaklining ta’sirlarini “rus aviatsiyasining otasi” N.E.Jukovskiy chuqur tekshirgan.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Qanday suyuqlikka ideal suyuqlik deyiladi?
2. Siqilmas suyuqlik uchun uzulmaslik tenglamasini yozing va izohlang.
3. Bernulli tenglamasini yozing va tenglamani tashkil etuvchi qismlarini tushuntirib beringq
4. Yopishqoqlik kuchi qanday sodir bo‘ladi?
5. Yopishqoqlik koeffitsientiga taorif bering.
6. Nyuton formulasini tushuntirib bering.
7. Kinematik yopishqoqlik nimani ifodalaydi?
8. Reaktsiya kuchlari qanday hosil bo‘ladi?
9. Samolyot nima sababdan havoga ko‘tariladi?
10. Reynolds sonining fizik ma’nosini tushuntiring.

Asosiy adabiyotlar

1. O.Axmadjonov. Nazariy mexanikakursi, I-tom. Toshkent, “O‘qituvchi”. 1991.
2. I.V.Savelev. Kurs obshey fiziki. T.1,M., Nauka,2000g.

3. A.A.Detlaf, B.M.Yavorskiy. Kurs fiziki. M., “Visshaya shkola”.2000g.
4. T.I.Trofimova Kurs fiziki, M., «Visshaya shkola». 2000 g, 380c.
5. G.A.Zisman, O.M.Godess. Kurs obshey fiziki. M, izd. “Visshaya shkola”, 1991 g
6. D.V.Sivuxin «Obshiy kurs fiziki». Tom 1. M.Nauka.1977-90 g
7. O‘.Q.Nazarov, H.Z.Ikromova va K.A.Tursunmetov. Umumiy Nazariy mexanikakursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.
8. Nuomonxo‘jaev A.S. Nazariy mexanikakursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.

27-MAVZU TOVUSH TILQINLARI

Reja:

1. Turg‘un to‘lqin.
2. Tovush va uning tabiati.
3. Akustika elementlari.
4. Tovush parametrlari: kuchi, balandligi, tembri.
5. Tovush bosimi. Tovush intensivligi.
6. Tovush kuchi (qattiqligi) birliklari: bell va detsibell.
7. Dopler ettekti.
8. Ultratovush va uni hosil qilish usullari; pezoettekt, magnitostriktsiya.
9. Ultratovushning qo‘llanilishi.

Tayanch iboralar: Chastota, fazalar farqi, amplituda, kogerent to’lqinlar, elastik muhit, gazlarda tovush tarqalish, Tovush tezligi.

§26.1. To’lqin interferensiyasi

Bir necha to’lqinlar amalda bir-biri bilan uchrashib, qo’shilib murakkab natijaviy to’lqinlar hosil qiladi. Biz eng sodda hol, kogerent to’lqinlarning bir-biri bilan qo’shilib, kuchayishi yoki susayishi-interferensiya hodisasini ko’ramiz. Chastotalari bir xil, fazalar farqi vaqt bo’yicha o’zgarmaydigan to’lqinlar kogerent to’lqinlar deyiladi.

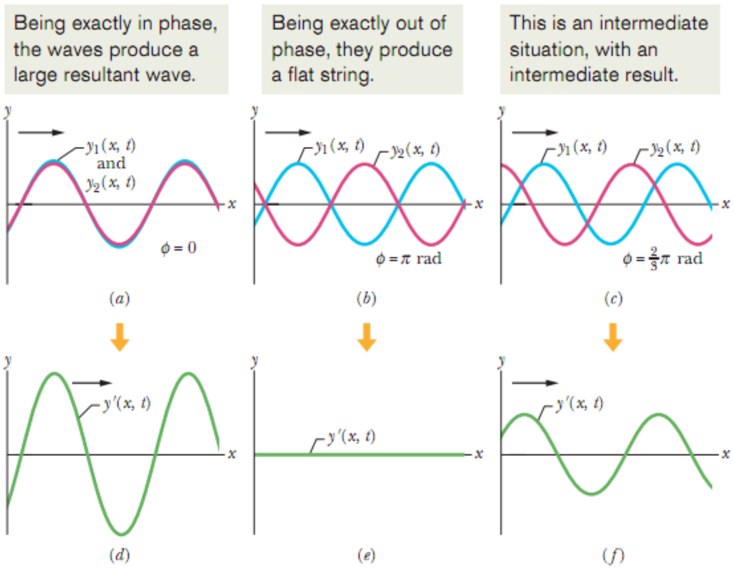


Figure 16-14 Two identical sinusoidal waves, $y_1(x, t)$ and $y_2(x, t)$, travel along a string in the positive direction of an x axis. They interfere to give a resultant wave $y'(x, t)$. The resultant wave is what is actually seen on the string. The phase difference ϕ between the two interfering waves is (a) 0 rad or 0°, (b) π rad or 180°, and (c) $\frac{2}{3}\pi$ rad or 120°. The corresponding resultant waves are shown in (d), (e), and (f).

Biz sinusoidal to’lqin tenglamasini kosinusoidal ko’rinishda (o’quv qo’llanmasidagi ko’rinishga o’xshash bo’lishi uchun) olamiz. Bu umumiy fizik manzarani o’zgartirmaydi va faqat trigonometrik o’zgatirishlar biroz farq qiladi.

Faraz qilaylik, 2 ta to'lqin $y_1 = A_1 \cdot Cos\omega\left(t - \frac{x_1}{c}\right)$ va $y_2 = A_{2.} \cdot Cos\omega\left(t - \frac{x_2}{c}\right)$ bir tomonga harakat qilib o'zaro uchrashsin. Natijaviy to'lqin tenglamasi $y = A \cdot Cos(\omega t + \Delta\varphi)$ ko'rinishda bo'ladi va bu to'lqinlarni tebranishlarni qo'shish kabi qo'shamiz. U holda natijaviy amplituda $A^2 = A_1^{\,2} + A_2^{\,2} + 2A_1A_2Cos\Delta\varphi$ va fazalar farqi $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = \frac{2\pi \cdot \Delta x}{\lambda}$ ga teng bo'ladi.

1. Agar $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta x}{\lambda} = 2\pi n(n = 0,1,2,3...)$ shart bajarilsa, unda Δx $\frac{\lambda}{2}$ ning juft karrasiga teng bo'ladi, natijaviy to'lqin amplitudasi $A = A_1 + A_2$ ga teng bo'ladi va to'lqinlar qo'shilib bir-birini kuchaytiradi, ya`ni maksimum sharti bajariladi.

2. Agar $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta x}{\lambda} = (2n+1)\pi$ shart bajarilsa, unda Δx $\frac{\lambda}{2}$ ning toq $(2n+1)$ karrassiga teng bo'ladi va natijaviy to'lqin amplitudasi minimum, ya`ni $A = A_1 - A_2$ ga teng. Bunday holat yoki nuqtalarda to'lqinlar qo'shilib tebranish susayadi, agar $A_1 = A_2$ bo'lsa, $A = 0$ bo'ladi.

Endi bir to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi tarqalayotgan ikki kogerent to'lqinlarning qo'shilishi natijasidagi interferensiya hodisasini ko'raylik. Koordinata boshida boshlang'ich fazalar farqi 0 ga teng bo'lgan holni ko'raylik

$$y_1 = A \cdot Cos\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)$$

$$y_2 = B \cdot Cos\omega\left(t + \frac{x}{c}\right)$$

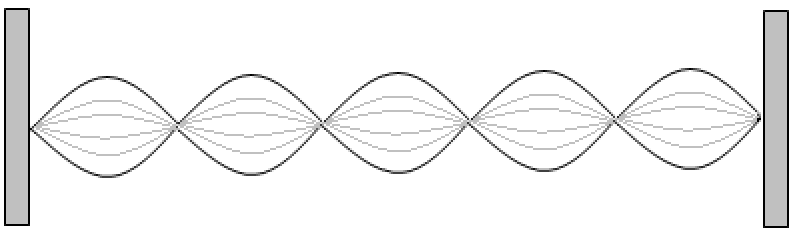
y_2 ni $y_2 = A \cdot Cos\omega\left(t + \frac{x}{c}\right) + (B - A) \cdot Cos\omega\left(t + \frac{x}{c}\right)$ ko'rinishda yozamiz.

U holda natijaviy to'lqin tenglamasi

$$y = y_1 + y_2 = A \cdot Cos\omega\left(t - \frac{x}{c}\right) + A \cdot Cos\omega\left(t + \frac{x}{c}\right) + (B - A) \cdot Cos\omega\left(t + \frac{x}{c}\right) =$$

$$2A \cdot Cos\frac{\omega x}{c} \cdot Cos\omega t + (B - A) \cdot Cos\omega\left(t + \frac{x}{c}\right)$$

ko'rinishda bo'ladi.



1-had amplitudasi $2A\cdot Cos\frac{\omega x}{c}$ bo'lgan turg'un to'lqindir.

2-hal amplitudasi (V-A) ga teng bo'lgan yuguruvchi to'lqindir. Agar AqV bo'lsa, natijaviy to'lqin turg'un (rasmga qarang) bo'ladi. Tugunlar orasidagi masofa $\frac{\lambda}{2}$ ga teng yoki tugunlarning (do'ngliklarning) koordinatasi $x = n\frac{\lambda}{2}$ ga teng. Demak, turg'un to'lqinlar bir to'g'ri chiziq bo'yicha qarama-qarshi yo'nalgan bir xil amplitudali va chastotali to'lqinlarning qo'shilishidan hosil bo'ladi. Bu to'lqinlarning olib o'tayotgan energiyalari teng bo'lganligidan ular hosil qilgan natijaviy turg'un to'lqinda energiya uzatilishi ro'y bermaydi. Demak, natijaviy energiya oqimi nolga teng bo'ladi. Turg'un to'lqin tugunlari orasiga to'g'ri keladigan to'la energiya o'zgarmas bo'ladi.

Turg'un to'lqin tugunlaridagi zarralar siljimagani uchun, ular orqali kinetik energiya uzatilmaydi. Turg'un to'lqin tugunlarida nisbiy deformatsiya vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lgani uchun ular orqali potensial energiya ham uzatilmaydi.

Faqat tugunlar orasidagi qismda kinetik energiya`ni potensial energiyaga va potensial energiya`ni kinetik energiyaga aylanishi kuzatiladi.

Amaliyotda laboratoriya qurilmasi yordamida tovush to'lqini uchun turg'un to'lqin hosil qilinib, undan to'lqin uzunligi λ ni aniqlash mumkin.

Tovush va uning tabiati

Elastik muhitda tarqalayotgan to'lqinlarning chastotasi 20 Gs dan (bazi adabiyotlarda 16 yoki 17 Gs) 20000 Gs gacha bo'lsa, bunday mexanik to'lqinlarni inson eshitish organi sezadi. Bunday to'lqinlar-tovush to'lqinlari yoki tovush deb ataladi. Chastotasi 20 Gs dan kichik bo'lgan to'lqinlar infra tovush deb ataladi va buni inson sezmaydi.

Chastotasi 1 Gs dan 10^{13} Gs gacha bo'lgan to'lqinlarni xususiyatini o'rganadigan fizikaning bo'limiga akustika deyiladi.

Tovush ham mexanik bo'ylama to'lqin bo'lib muhitning zichligiga, uning xususiyatiga bog'liq bo'lgan tezlik bilan tarqaladi.

Gazlarda tovush tarqalish tezligi $c = \sqrt{\gamma\frac{P}{\rho}}$ -Laplas formulasi bo'yicha hisoblanadi. Bu yerda γ -adiabata ko'rsatkichi, $p-$ (havo) bosimi, $\rho-$ zichligi.

Shuni ta`kidlash kerakki, muhitning harorati doimiy bo'lganda bosimning o'zgarishi zichlikni o'zgarishiga to'g'ri proporsional va $\frac{P}{\rho} = const$ bo'lgani uchun gazlarda tovushni tarqaliish tezligi bosimga bog'liq bo'lib qolmaydi.

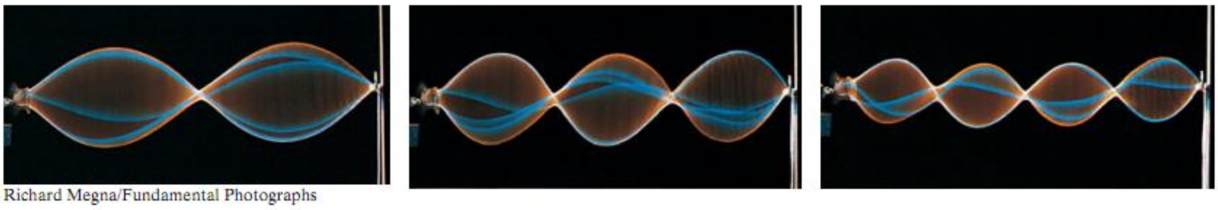
Lekin gazlarda tovushning tarqalish tezligi uning haroratiga bog'liq va bu bog'lanish gaz holat tenglamasiga asosan quyidagicha yozamiz: $c = \sqrt{\gamma\frac{RT}{\mu}}$

Buyerda $R = 8{,}31\, Ж/моль \cdot К$ –universal gaz doimiysi, μ –gazning molyar massasi.

Demak, tovush tezligi temperatura-haroratga bog'liq, ya`ni s~$\sqrt{T}$.

Qattiq jismlarda to'lqinlar ham bo'ylama, ham ko'ndalang tarqaladi, shuning uchun tovushning bo'ylama tezligi $c_б = \sqrt{\dfrac{E}{g}}$, ko'ndalang to'lqin tarqalish tezligi $c_к = \sqrt{\dfrac{G}{p}}$ formula bilan hisoblanadi.

Bu yerda E-muhit uchun Yung moduli, G-siljish moduli. Qattiq jismlarda bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligidan deyarli ikki marta katta. (chunki $E > G$).



Richard Megna/Fundamental Photographs

Figure 16-20 Stroboscopic photographs reveal (imperfect) standing wave patterns on a string being made to oscillate by an oscillator at the left end. The patterns occur at certain frequencies of oscillation.

Shuning uchunyer qimirlashini ikki marta sezamiz, chunkiyer qimirlash markazidan biz turgan joyga bo'ylama to'lqin avvalroq, ko'ndalang to'lqin esa keyinroqyetib keladi.

Tovush tezligi amalda turg'un to'lqin hosil qilinib, tugunlar orasidagi masofani o'lchagan holda aniqlanadi, ya`ni tugunlar orasidagi masofa $d = \dfrac{\lambda}{2}$ bo'lsa, $\lambda = \dfrac{c}{v}$ dan $c = \lambda v = 2dv$ orqali hisoblanadi.

Tovush tarqalayotgan fazoning qismi tovush maydoni deb ataladi.

Tovush maydoni tovush bosimi kattaligi bilan xarakterlanadi: $p = \rho\upsilon \cdot c$ yoki

$$\upsilon = A\omega Cos\omega\left(t - \frac{x}{c}\right) = y' \text{ va}$$

$$p = \rho \cdot \omega \cdot A \cdot c \cdot Cos\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, tovush bosimi va muhit zarrachalarining tezligi bir xil fazada tebranadi. $P_0 = \rho\omega Ac -$ tovush bosimi amplitudasi deb yuritiladi.

Tovush tarqalayotganda o'z yo'nalishida enegiya olib o'tadi va bu kattalik ko'pincha tovush intensivligi kattaligi bilan xarakterlanadi. Tovush tarqalish yo'nalishiga tik bo'lgan yuza birligidan o'tuvchi energiya oqimiga tovush intensivligi deyiladi va $I = \dfrac{1}{2} \cdot \rho \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot c$ formula bilan ifodalanadi.

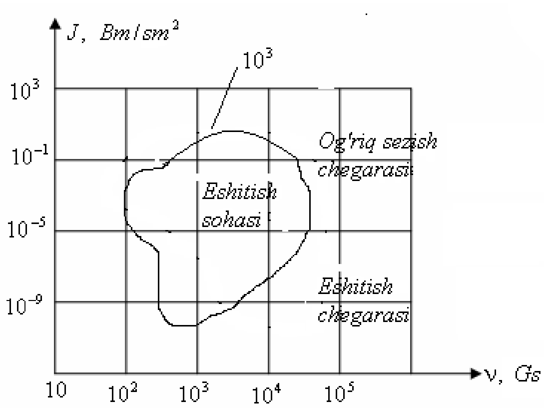
$p_0 = \rho \cdot \omega \cdot A \cdot c$ ekanligini hisobga olsak, $I = \frac{1}{2} \cdot \frac{{p_0}^2}{\rho c}$. Bu yerda $\rho c -$ kattalik muhitning akustik qarshiligi deyiladi.

Demak, tovush intensivligi tovush bosimi amplitudasining kvadratiga to'g'ri proporsional, muhitning akustik qarshiligiga teskari proporsionaldir.

Tovush muhitda tarqalganda uning energiyasi muhit tomonidan yutiladi. Demak, uning amplitudasi intensivlik to'lqin tarqalish yo'nalishi masofasi bo'yicha kamayib boradi, ya`ni $A = A_0 e^{-\beta r}$ yoki $I = I_0 e^{-2\beta r}$. Buyerda –muhitda tovush amplitudasining so'nish koeffisienti. Tovush tarqalish tezligi va yo'nalishi faqatgina gazning temperaturasiga bog'liq bo'libgina qolmay, balqi undagi gaz harakatiga ham bog'liq. Masalan; havoda shamol tovush tezligining yo'nalishi va kattaligiga sezilarli ta`sir qiladi.

Enli tovush parametrlari bilan tanishamiz;

Tovushning balandligi tovush tebranishining chastotasi bilan harakterlandi. Chastotasi qancha katta bo'lsa, shuncha ovoz baland hisoblanadi.



Tovushning qattiqligi-tovush kuchini harakterlaydi va uning intensivligi bilan harakterlanadi. Quloq seza oladigan tovushning minimal intensivligi eshitish chegarasi deyiladi.

Quloqning tovushni sezish va eshitish sohasi rasmda ko'rsatilgan va uning maksimal qiymati 1000 dan 3000 Gs bo'lgan tovushlar to'g'ri keladi.

Tovush qattiqligini uning intensivligiga bog'liqligi Veber-Fexner tomonidan o'rganilib, tovush intensivligini bilan qattiqligi taqriban logarifmlik qonuniyat bilan o'sishi aniqlandi.

Shu qonuniyatga binoan tovush qattiqligi L –tovush bosimi darajasini ko'rsatuvchi kattaligi sifatida kiritilgan:

$L = 2k \lg \frac{p}{p_0}$ yoki $L = k \lg \frac{I}{I_0}$

Buyerda $p = \sqrt{\rho v I}$ $- \upsilon$ chastotali tovushning o'rtacha kvadratik bosimi, $p_0 -$ shu chastota uchun eshitish chegarasi (chegaraviy bosim).

Agar k=1 bo'lsa bellarda, k=10 bo'lsa tovush bosimi desibellarda o'lchanadi (Olim A.G.Bell sharafiga qo'yilgan)

Ayrim tovushlarning xarakteristikalari quyidagicha;

№	Tovush	Desibel-hisobida	Tovush intensivligi J/m^{2}s yoki Vt/m^2	Effektiv bosim
1.	Soat yurishida chiqqan	20	$1 \cdot 10^{-7}$	$6{,}4 \cdot 10^{-3}$

	tovush			
2.	Sekin gaplashganda	40	$1\cdot10^{-5}$	$6{,}4\cdot10^{-2}$
3.	O’rtacha nutq.	60	$1\cdot10^{-3}$	$6{,}4\cdot10^{-1}$
4.	Qichqirganda	80	$1\cdot10^{-1}$	6,4
5.	Og’riq sezish	120	$1\cdot10^{3}$	$6{,}4\cdot10^{2}$

Bu kattaliklar -1000 Gs li tovush uchun keltirilgan bo’lib, bu qiymatlar nisbatan taxminiy keltirilgan.

Agar tovush manbai va tovush qabul qiluvchi-priyomnik bir-biriga nisbatan harakatlansa, priyomnik qabul qilgan tovush chastotasi tovush manbai chastotasidan farq qilan ekan. Bu hodisa Doppler effekti deb ataladi.

1. Tovush manbai muhitda tinch turgan priyomnikka υ tezlik bilan yaqinlashayotgan bo’lsa, priyomnikda qabul qilinayotgan chastota ortadi:

$$\upsilon^1 = \frac{\upsilon}{1-\upsilon/c}$$

2. Agar tovush manbai kuzatuvchi –priyomnikdan υ tezlik bilan uzoqlashayotgan bo’lsa, priyomnikda qabul qilinayotgan chastota kamayadi:

$$\upsilon^1 = \frac{\upsilon}{1+\upsilon/c}$$

3. Agar priyomnik tovush manbaiga υ tezlik bilan yaqinlashsa, priyomnik qabul qilgan tovush chastotasi $\upsilon^1 = \upsilon\cdot\left(1+\frac{\upsilon}{c}\right)$ ga teng bo’ladi, ya`ni priyomnik qabul qilayotgan tovush chastotasi ortgan bo’ladi.

4. Agar priyomnik tovush manbaidan υ tezlik bilan uzoqlashayotgan bo’lsa, u qabul qilayotgan chastota kamayadi va $\upsilon^1 = \upsilon\cdot\left(1-\frac{\upsilon}{c}\right)$ teng bo’ladi.

Bu keltirilgan formulalar tovush manbai va priyomnik bir to’g’ri chiziqda yotgan hol uchun to’g’ridir. Agar ular bir to’g’ri chiziqda yotmasa u holda υ va s tezliklarning shu to’g’ri chiziqqa proeksiyasi olinadi.

Ultra tovushlar, ya`ni chastotalari 20 kGs dan yuqori bo’lgan tovushlar ultratovush genratorlari yordamida hosil qilinadi. Ular ko’pincha pezoelektrik effekt asosida kristallar yordamida hosil qilinadi. Bunday kristallarga-kvars, turmalin, segnet tuzi, bariy titanat va boshqa jismlardan kesib olingan plastinkalar kiradi.

Magnitstriksion effekt asosida ishlaydigan kristall plastinkalarda hosil qilinadigan ultratovushlar intensivligi ancha katta bo’ladi va bunday asosdagi generatorlar qishloq ho'jaligida, medisinada va ilmiy tekshirish ishlarida keng ishlatiladi.

Pezoeffekt asosida ishlaydigan generator plastinkasi muhitga tushirilib, u davriy ravishda o'z o'lchamini o'zgartirib (deformatsiyalanib) turadi. Bu esa o'z navbatida plastinkani o'rab turgan muhitga uzatiladi.

Plastinkaning xususiy chastotasi (kvars uchun) $\upsilon = \frac{284 \cdot 10^3}{d}$ Gs formula bilan topiladi.

Avvaldan hisoblangan qalinlikdagi plastinka yasalib, u yordamida kerakli chastotadagi ultra tovush hosil qilinadi.

Magnitostriksion effekt asosidagi sterjenning hususiy chastotasi $\upsilon = \frac{2{,}5 \cdot 10^5}{\ell}$Gs formula bilan hisoblanadi. Bu yerda $l -$ sterjenning sm dagi uzunligi. Ultratovushlar gidrolakasiyada, exolotlarda, texnikada metallardagi defektlarni aniqlashda, medisinada va farmkologiyada hamda vakuum texnologiyasida keng ishlatiladi.

AMALIY MASHG'ULOT UCHUN MASALSLAR

1 - MAVZU

ILGARILANMA HARAKAT KINEMATIKASI VA DINAMIKASI

Nazorat savollar.

1. Ilgarilanma haraktning kinematik Harakateristikalari (siljish, trayektoriya, yo‘l, tezlik, tezlanish)ga ta’rif bering.
2. O‘rtacha va oniy tezlik, tezlanishlar tushunchalari nima bilan farq qiladi?
3. Egri chiziqli harakatdagi tezlanishni qanday tashkil etuvhilarga ajratish mumkin? Ularning ma’nosi nima?
4. Ilgarilanma Harakatning dinamik Harakatyeristikalari (kuch, massa, impuls)ga ta’rif bering.
5. Dinamikaning maqsadi nima? Nyutonning uchta qonunini ta’riflang. Ular qanday o‘lchov sistemalarida o‘rinlidir?
6. Galileyning nisbiylik printsipi nimani anglatadi? Klassik mexanikani ishlatilish chegarasi qanday?

Masalalar yechishga uslubiy ko‘rgazmalar

1. Kinematik masalalarda harakat qonunini, ya’ni birorta sistemada jism koordinatasini vaqt funksiyasi sifatida aniqlab, bu harakat qonunini xarakatning boshqa kenematik Harakateristikalari (tezlik va tezlanish) bilan bog‘lash zarur.
2. Egri chiziqli harakatga masala yechishda bu harakat doimo tezlanuvchan ekanligini esda saqlash kerak, chunki tezlik vektorini moduli o‘zgarmagan holda ham, uning yo‘nalishi o‘zgaradi.

Egri chiziqli traektoriyali haraktni hisoblashda ikki o‘qli to‘rt burchakli kordinatalar sistemasidan foydalanish qulaydir. Bunda o‘qlarning birini tezlanishga parallel ravishda, ikkinchisini esa unga perpendikular ravishda yo‘naltiriladi.

3. Dinamik masalalarda ko‘rilayotgan sistemadagi har bir jismning qanday o‘zaro ta’sirlarda qatnashayotganligini aniqlash, ya’ni kuchlarning tabiatini, kattaligi va yo‘nalishini e’tiborga olish kerak.

Har bir jism uchun harakat tenglamasini alohida yozish kerak. Nyuton qonunining vektor ko‘rinishdagi tezlanish va ta’sir etuvchi kuchlarning koordinatalar o‘qlariga proeksiyalarini bog‘lovchi skalar tengliklarga o‘tish zarur.

Masala yechish namunalari

1-masala.

Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakat qonuni $x=A+Bt+Ct^2$ ko‘rinishga ega, bu yerda, A=4m, B=2m/s, C= -0.5 m/s^2. Vaqtning t_1 = 2s momenti uchun oniy tezligi υ_1 va oniy tezlanish a_1 topilsin.

Yechish.

a) Harakat qonunini bilgan holda, koordinata x ning vaqt bo‘yicha differensiallab vaqtni istalgan momenti uchun oniy tezligini aniqlash mumkin:

$$\upsilon = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

Bu holda vaqtning berilgan momenti t_1 da oniy tezlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\upsilon_1 = B + 3Ct_1^2.$$

Bu ifodaga B, S, t_1 larni qo‘yib hisoblab topamiz:

$$\upsilon_1 = 2 + 3\cdot(-0.5)\cdot 4 = -4 \text{ m/s}.$$

Manfiy ishora vaqtning t_1=2 momentida nuqta x o‘qini manfiy yo‘nalishi bo‘ylab harakatlanayo‘tganini ko‘rsatadi.

b) Vaqtning istalgan momentidagi oniy tezlanishni x koordinatadan vaqt bo‘yicha ikkinchi tartibli hosila olib topish mumkin:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = 6Ct\ .$$

Vaqtning t_1 momentidagi oniy tezlanish

$$a_1 = 6Ct_1$$

ga teng. Bu ifodaga C va t_1 larni qiymatlarini qo‘yib hisoblaymiz:

$$a_1 = 6\cdot(-0.5)\cdot 2 = -6 \text{ m/s}^2.$$

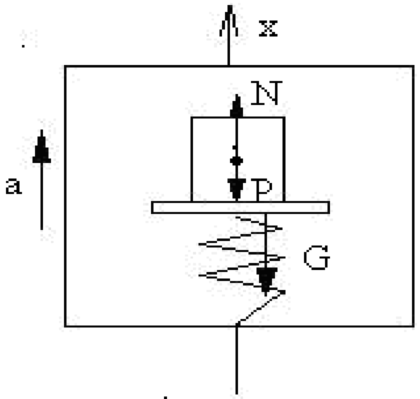
Manfiy ishora tezlanish vektorini yo‘nalishi koordinata o‘qining manfiy yonalishi bilan mos kelishini ko‘rsatadi.

2-masala.

Liftda, prujinali tarozida m=10 kg massali jism joylashgan. Lift $a = 2$ m/s^2 tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar liftning tezlanishi vertikal yuqori tomon yo‘nalgan bo‘lsa, tarozini ko‘rsatishini aniqlang.

Yechish.

Tarozini ko‘rsatishini topmoq – bu jism og‘irligi $\vec{G}$ ni topish demakdir, ya’ni jismni prujinaga ta’sir etuvchi kuchini aniqlash kerak (1-rasm). Lekin bu kuch Nyutonning uchinchi qonuniga binoan elastiklik kuchi (tayanchni reaksiya kuchi) $\vec{N}$ ga absolut qiymati jihatidan teng va unga qarama-qarshi yo‘nalgan, yani G= -N yoki G = N. Demak, tarozini ko‘rsatishni aniqlash masalasi bu tayanch reaksiyasi kuchi N ni aniqlash demakdir.



1 -rasm

Jismga ikkita kuch ta’sir etadi: og‘irlik kuchi $\vec{P}$ va tayanchining reaksiya kuchi $\vec{N}$. Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$m\vec{a} = \vec{P} + \vec{N} \ .$$

x o‘qini vertikal yo‘naltirib, unga jismga ta’sir etayotgan hamma kuchlarni proeksiyalaymiz. Jismga ta’sir etuvchi ikki kuch ham x o‘qiga parallel bo‘lgani sababli, ularni kattaligi bilan ularni proeksiyalari kattaligi bir-biriga tengdir. Proeksiyalarni ishorasini e’tiborga olgan holda skalar tenglama quydagicha yoziladi: $ma = N - P$, bundan $N = P + ma = m(g+a)$. G=N bo‘lgani uchun, $G = m(g+a)$.

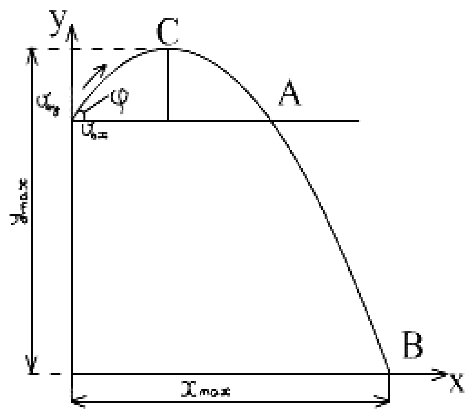
Bu ifodaga m, g, a larni qiymatlarini qo‘yib hisoblaymiz.

3-masala.

Jism 12 m balandlikdan gorizontga 30^o burchak ostida 12 m/s boshlang‘ich tezlik bilan yuqoriga otilgan. Jismni ko‘tarilgan maksimal balandligini, jismni uchgan masofasini toping. Havo qarshiligi e’tiborga olinmasin.

Ber: N = 12 m; $\varphi = 30^o$; $\upsilon_o = 12$ m/s.

t_A - ? t_B - ? $N_{maks} = y_{maks}$- ? x_{maks} - ?



2 - rasm

Yechish.

2-rasmda ko‘rsatilgan koordinatalar sistemasida tezlikni tashkil etuvchilari

$$\upsilon_x = v_0 \cos\varphi \ , \qquad (1)$$

$$\upsilon_y = \upsilon_0 \sin\varphi - gt \ , \qquad (2)$$

jismning koordinatalari vaqt o‘tishi bilan tekis o‘zgaruvchan harakat tenglamasiga binoan o‘zgaradi:

$$y = H + \upsilon_0 t \sin\varphi - gt^2/2 \ , \qquad (3)$$

$$x = \upsilon_0 t \cos\varphi . \qquad (4)$$

Eng yuqori nuqtada jismning tezligi υ_y=0 shartidan uning ko‘tarilish vaqtini aniqlash mumkin (2) dan:

$$t_n = \upsilon_0 \frac{\sin\varphi}{g} . \qquad (5)$$

Jismni C nuqtadan A nuqtagacha tushish vaqti uning 0 nuqtadan C nuqtagacha ko‘tarilish vaqtiga teng bo‘ladi. Shu sababli jismni 0 nuqtadan A nuqtagacha uchishga ketgan vaqt

$$t_A = 2t_n = 2\upsilon_0 \frac{\sin\varphi}{g} . \qquad (6)$$

(5) tenglamadan ko‘tarilish vaqtini (3) tenglamaga qo‘yib, undan maksimal balandlikni aniqlash mumkin:

$$y_{\max} = H + \upsilon_0^2 \frac{\sin^2\varphi}{2g} . \qquad (7)$$

(3) tenglamadan y koordinatasini nolga tenglab (y = 0), jismning B nuqtagacha uchish vaqtini topish mumkin:

$$t_B = \frac{\upsilon_0 \sin\varphi}{g} + \sqrt{\left(\frac{\upsilon_0 \sin\varphi}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}} . \qquad (8)$$

(8) tenglamadan harakat vaqtini (4) ifodaga qo‘yib, undan uchish masofasini aniqlaymiz:

$$x_{\max} = \upsilon_0 \cos\varphi \cdot t_B ,$$

shunday qilib

$$t_A = \frac{2 \cdot 12 \cdot 0.5 м/s}{9.81 м/s^2} = 1.22 \text{ s},$$

$$t_B = \frac{12 \cdot 0.5 м/s}{9.81 м/s^2} + \sqrt{\frac{(12 \cdot 0.5)^2}{(9.81)^2} + \frac{2 \cdot 12}{9.81}} = 2.29 \text{ s},$$

$$y_{\max} = 12 + \frac{12^2 \cdot 0.5^2}{2 \cdot 9.81} = 13.84 \text{ m},$$

$$x_{\max} = 12 \cdot 0.867 \cdot 2.29 = 23.8 \text{ m}.$$

Variantlar jadvali

Variant	**Masalalar raqami**	**Variant**	**Masalalar raqami**

raqami					raqami				
1	4	53	101	151	26	21	76	117	153
2	3	52	102	152	27	22	77	118	155
3	2	51	103	154	28	23	78	119	156
4	1	54	104	158	29	24	79	120	157
5	7	55	105	159	30	34	80	127	161
6	5	68	106	160	31	35	81	128	162
7	6	69	107	169	32	36	82	129	163
8	10	67	108	170	33	37	83	130	164
9	8	66	109	173	34	31	84	131	165
10	9	65	110	176	35	32	85	132	166
11	13	56	111	179	36	33	86	133	167
12	11	57	112	180	37	30	87	134	168
13	12	58	113	183	38	44	89	135	171
14	15	59	114	184	39	45	88	136	172
15	14	60	115	185	40	47	98	137	174
16	20	61	116	188	41	48	94	138	175
17	19	62	121	193	42	49	95	142	177
18	16	63	122	195	43	22	96	143	178
19	17	64	123	196	44	40	90	144	181
20	18	72	124	150	45	39	91	145	182
21	25	71	125	196	46	38	92	146	186
22	26	70	156	198	47	41	97	147	187
23	27	73	139	197	48	42	98	148	189
24	28	74	140	194	49	43	99	143	190
25	29	75	141	192	50	45	50	100	191

MUSTAQIL ISHLASH UCHUN MASALALAR

1. Jism yo‘lining to‘rtdan uch qismini υ_1 = 60 km/soat tezlik bilan, yo‘lning qolgan qismini esa υ_2 = 80 km/soat tezlik bilan bosib o‘tdi. Harakatning o‘rtacha tezligini toping.

2. Jism yo‘lning birinchi yarmini $t_1 = 2$ s, ikkinchi yarmini esa $t_2 = 8$ s da bosib o‘tdi. Agar bosib o‘tilgan yo‘lning hammasi s = 20m bo‘lsa, harakatning o‘rtacha tezligi topilsin.
3. Jismning to‘g‘ri chiziqli harakati $s = C-3t+2t^2$ tenglama bilan ifodalanadi. Jismning $t_1 = 1$ s dan $t_2 = 4$ s gacha bo‘lgan vaqt intervalida o‘rtacha tezlik topilsin.
4. Nuqta to‘g‘ri chiziq bo‘ylab harakatlanganda uning koordinatalari $x=9t+0.09t^3$ qonun bo‘yicha o‘zgaradi. Nuqta harakatining 5 s dagi o‘rtacha tezligi topilsin.
5. Jism bosib o‘tgan yo‘lining vaqtga bog‘liqligi $s = 3 + 2t + t^2$ tenglama bo‘yicha berilgan. Harakatning 3 sekundidagi o‘rtacha tezligini aniqlang.
6. Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakati $x = 2t + 0.5t^2$ tenglama asosida yuz beradi. Nuqtaning harakatini 1-sekunddan 3-sekundgacha bo‘lgan vaqt intervalida o‘rtacha tezligi topilsin.
7. τ vaqt ichida jismning tezligi $\upsilon = at^2 + bt (0 \le t \le \tau)$ qonun bo‘yicha o‘zgargan. τ vaqt oralig‘ida jismning o‘rtacha tezligi qanday?
8. Moddiy nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakati $x = 6t + 0.126t^3$ tenglama bilan ifodalanadi. Jismning 2-sekunddan 6-sekundgacha bo‘lgan vaqt oralig‘idagi o‘rtacha tezligini toping.
9. Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakat tenglamasi $x = -1 + 3t^2 - 2t$ ko‘rinishda. Nuqta to‘xtaguncha ketgan vaqt ichidagi o‘rtacha tezlikni toping.
10. Nuqta 15 s davomida υ_1 = 5 m/s tezlik bilan, 10 c davomida 8 m/s tezlik bilan va 6 s davomida 20 m/s tezlik bilan harakatlandi. Nuqtaning o‘rtacha harakat tezligi qanday?
11. Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakatida uning koordinatasi $x = 9t + 0.09t^3$ qonuni bilan o‘zgaradi. Harakatning birinchi 4 s davomidagi o‘rtacha tezlanishi topilsin.
12. Jism balkondan 10 m/s tezlik bilan vertikal ravishda yuqoriga otilgan. Balkonning yer sirtidan balandligi 12.5 m. jismni harakat tenglamasini yozing va uning otilgan momentdan to yerga tushgunga qadar o‘rtacha tezligini toping.

13. Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi $x = 3t + 0.06t^3$ ko‘rinishga ega. Harakatning birinchi 3 s davomidagi o‘rtacha tezlik va tezlanishni toping.
14. Jism to‘g‘ri chiziq bo‘ylab $s = 6 - 3t + 2t^3$ tenglama asosida harakat qiladi. Jism harakatini 1-sekundidan 4-sekundigacha o‘rtacha tezlanishni toping.
15. Bir joydan ikki nuqta bir yo‘nalishda tekis tezlanuvchan harakat boshladi. Ikkinchi nuqta o‘z harakatini birinchiga qaraganda 2 s kech boshladi. Birinchi nuqta 1 m/s boshlang‘ich tezlik bilan va 2 m/s^2 tezlanish bilan, ikkinchi nuqta esa 10 m/s boshlang‘ich tezlik va 1 m/s^2 tezlanish bilan harakat qilmoqdalar. Qancha vaqtdan so‘ng ikkinchi nuqta birinchisiga yetib oladi?
16. Bir vaqtning o‘zida, bir nuqtadan ikkita jism bir yo‘nalishda harakat boshladilar. Biri 980 m/s tezlik bilan tekis, ikkinchisi esa boshlang‘ich tezliksiz 9.8 sm/s^2 tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Qancha vaqtdan so‘ng ikkinchi jism birinchisiga yetib oladi?
17. A jism υ'_o boshlangich tezlik bilan harakat boshlab, a_1 tezlanish bilan harakatlanmoqda. A jism bilan bir vaqtning o‘zida V jism ham υ''_o boshlangich tezlik bilan va a_2 manfiy tezlanish bilan harakat boshlaydi. Harakat boshlanishidan qancha vaqtdan so‘ng ikkala jism ham bir xil tezlikka erishdi?
18. Bir punktdan, bir vaqtning o‘zida, bir xil yo‘nalishga to‘g‘ri chiziq bo‘ylab ikki avtomashina harakat boshlaydi. Avtomobillarni vaqtga bog‘liq ravishda bosib o‘tgan yo‘llari $S_1 = at + bt^2$ va $S_2 = ct + dt^2 + rt^3$ tenglamalar bilan ifodalanadi. Avtomobillarning nisbiy tezliklari topilsin.
18. Bir punktdan, bir vaqtning o‘zida, bir xil yo‘nalishda to‘g‘ri chiziq bo‘ylab ikki avtomashina harakat boshlaydi. Avtomobillarni vaqtga bog‘liq ravishda bosib o‘tgan yo‘llari $S_1 = at + bt^2$ va $S_2 = ct + dt^2 + rt^3$ tenglamalar bilan ifodalanadi. Avtomobillarni nisbiy tezliklari topilsin.
19. Jismning to‘gri chiziqli harakat tezligini vaqtga bog‘liqligi $\upsilon = 2 - 6t + 12t^2$ tenglama bilan berilgan. Agar boshlang‘ich momentda koordinatalar boshida bo‘lgan bo‘lsa, jism bosib o‘tgan yo‘lni vaqtga bog‘liqligi topilsin.

20. Jism bosib o‘tgan yo‘lni vaqtga bog‘liqligi $S = 2t - 3t^2 + 4t^3$ tenglama bilan berilgan. Tezlikni vaqtga bogliqligi va harakat boshlangandan so‘ng 2 s o‘tgach uning qiymati aniqlansin.
21. Moddiy nuqtaning tezligini vaqtga bog‘liqligi υ=6t tenglama bilan berilgan. Agar boshlangich momentda harakatlanuvchi nuqta koordinatlar boshida bo‘lgan bo‘lsa, $x = f(t)$ bog‘lanishni yozing.
22. To‘gri chiziqli harakat $x = -1 + 3t^2 - 2t^3$ tenglama bilan ifodalanadi (SI birliklarda). Tezlik va tezlanish tenglamalari yozilsin.
23. Moddiy nuqtaning harakat qonuni $S = 2t + 0.04t^3$ ko‘rinishga ega. Nuqtaning vaqtni boshlangich momentidagi tezlik va tezlanish topilsin.
24. Nuqtaning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab harakati $x = 2t - 0.5t^2$ tenglama bilan berilgan. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so‘ng nuqta to‘xtaydi?
25. Jismning bosib o‘tgan yo‘ilni vaqtga bog‘liqligi $S = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ tenglama bilan beriladi, bu yerda S = 0.14 m/s^2 va D=0.01 m/s^3. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so‘ng jismning tezlanishi 1 m/s^2 ga teng bo‘ladi?
26. Ikki moddiy nuqtalar harakati $x_1 = 20 + 2t - 4t^2$ va $x_2 = 2 + 2t + 0{,}5t^3$ tenglamalar bilan ifodalanadi (uzunlik - metrlarda, vaqt - sekundlarda). Vaqtning qanday momentida bu nuqtalarning tezliklari tenglashadi?
27. Liftning harakat tenglamasi $S = 15t + 2t^2$ ga asosan, uning tezligini vaqtga bog‘lanishini toping.
28. Jismni to‘g‘ri chiziq bo‘ylab harakat qonuni $x = 8t - 2t^3$ tenglama bilan berilgan. Vaqtning qanday momentida jismning tezligi no‘lga tenglashadi?
29. Jismni to‘gri chiziq bo‘ylab harakat qonuni $x = 2t - 3t^2 + 4t^3$ formula ko‘rinishida yoziladi. Tezlanishni vaqtga bog‘lanishi va uning harakat boshidan 2 s o‘tgach qiymati topilsin.
30. Nuqtaning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab harakati $x = 4t - 0.05t^2$ tenglama bilan berilgan. Vaqtni qanday momentida nuqta tezligi no‘lga teng bo‘ladi.
31. Moddiy nuqtaning harakati $x = 4t - 0.05t^2$ tenglama bilan berilgan. Nuqtaning tezligi no‘lga teng bo‘lgan momentda, uning koordinatasi topilsin.

32. Ikki moddiy nuqtalar $x_1 = 10 + 32t - 3t^2$ va $x_2 = 5 + 5t^2$ tenglamalar bilan harakatlanmoqda. Vaqtning qaysi momentida ularning tezligi tenglashadi?

33. Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakati $x = -1 + 3t^2 - 2t^3$ tenglama bilan ifodalanadi. Nuqta to‘xtagunga qadar qancha harakat qiladi?

34. Ikki jismni to‘g‘ri chiziqli harakati $x_1 = 4t + 8t^2 - 16t^3$ va $x_2 = 2t - 4t^2 + t^3$ tenglamalarga binoan bo‘lmoqda. Vaqtning qanday momentida bu jismlarni tezlanishlari tenglashadi?

35. Ikki moddiy nuqtalarni tezliklari $\upsilon_1 = 2 + 4t$ va $\upsilon_2 = 2t + 2t^2$ qonun asosida o‘zgaryapti. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so‘ng nuqtalarning tezlanishi tenglashadi?

36. Moddiiy nuqtaning harakat tenglamasi $x = 3t + 0.06t^3$ ko‘rinishga ega. Harakat boshlangandan so‘ng qanday vaqt oralig‘ida nuqtaning o‘rtacha tezlanishi 0.54 m/s^2 ga teng bo‘ladi?

37. Jismni bosib o‘tgan yo‘lining vaqtga bog‘lanishi $S = A + Bt + Ct^2 + -2Dt^3$ tenglama bilan berilgan, bu yerda S = 0.14 m/s^2 va D = 0.01 m/s^2. Harakat boshlangandan qancha vaqtdan so‘ng jismning tezlanishi 1 m/s^2 ga teng bo‘ladi?

38. Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakati $S = 2t^3 - 10t^2 + 8$ tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning t = 4 s momentidagi jismni tezlik va tezlanishi topilsin.

39. Jismning harakati $S = At^4 + Bt^2 + 72$ tenglama bilan ifodalanadi. Agar A = 0.25 m/s^4 va V = 3 m/s^2 bo‘lsa, jismning maksimal tezligi topilsin.

40. Nuqta $x = 7 + 4t; y = 2 + 3t$ tenglamalar asosida harakatlanmoqda. Nuqtaning harakat tezligi qanday?

41. Nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakati $S = 4t^4 + 2t^2 + 1$ tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning t = 2 s momentdagi nuqtani tezlik va tezlanishini hamda harakatning 2 s dagi o‘rtacha tezligi topilsin.

42. Jismning bosib o‘tgan yo‘lini berilgan tenglamasi $S = 4 + 2t + 5t^2$ ga asosan birinchi 3 s dagi tezlikni vaqtga boglanishi grafigini chizing.

43. Nuqtaning egri chiziq bo‘ylab harakati $x = t^3$ va $y = 2t$ tenglamalar bilan berilgan. Nuqta trayektoriyasining tenglamasi topilsin.

44. Moddiy nuqtaning harakati $y = 1 + 2t; x = 2 + t$ tenglamalar bilan berilgan. Trayektoriyani $y = y(x)$ tenglamasi tuzilsin va trayektoriyani XOY tekislikda chizing. t = 0 dagi nuqtaning oʻrni, yoʻnalishi va harakat tezligi koʻrsatilsin.
45. Tosh h = 1200 m balandlikdan tushadi. Oʻz harakatining oxirgi sekundida u qanday yoʻl bosadi?
46. Jism h = 45 m balandlikdan boshlangich tezliksiz tushadi. Yoʻlining ikkinchi yarmidagi oʻrtacha tezligini toping.
47. Jism biror balandlikdan υ_o=30 m/s boshlangʻich tezlik bilan tik ravishda yuqoriga otilgan. t = 10 s oʻtgach jismning koordinatasi h va tezligi υ, hamda shu vaqt oraligida bosib oʻtilgan yoʻl topilsin.
48. Tik ravishda yuqoriga otilgan jism h = 8.6 m balandlikda Δt=3 s vaqt oralab ikki marta boʻlgan. Havoning qarshiligini e’tiborga olmasdan, otilgan jismning boshlangʻich tezligi topilsin.
49. Jism balkondan tik ravishda υ_o = 10 m/s tezlik bilan otilgan. Balkonning yer sirtidan balandligi h = 12.5 m. Harakat tenglamasi yozilsin va otilgan momentdan to yerga etgunga qadar oʻrtacha yoʻl tezligi aniqlansin.
50. Jism qiya tekislikdan ishqalanishsiz sirpanib tushadi. Agar jismning birinchi 0.5 s dagi oʻrtacha tezligi 1.5 s dagidan 2.45 m/s ga kichik boʻlsa, tekislikni gorizontga qiyaligi topilsin.
51. Jism gorizontga nisbatan α_o burchak ostida υ_o tezlik bilan otilgan. Koordinatalarni vaqtga bogʻlanishini va trayektoriyani tenglamasi topilsin.
52. Jism gorizontga nisbatan biror α_o burchak ostida otilgan. Agar jismning gorizontal yoʻnalishda uchib oʻtgan yoʻli S uning trayektoriyasini maksimal balandligidan toʻrt marta kichik boʻlsa, shu burchakning kattaligi topilsin.
53. Nuqta aylana boʻylab S = $4t^2$ tenglamaga asosan harakatlanmoqda. Harakat boshlangandan soʻng 0.5 s vaqt oʻtgach, harakatning tangensial tezlanish normal tezlanishga teng boʻldi. Aylananing radiusi topilsin.
54. Minoradan gorizontal yoʻnalishda 15 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Tangensial va normal tezlanishlar teng boʻlgan momentda trayektoriyani egrilik radiusi topilsin.
55. Jism gorizontal yoʻnalishda 12 m/s tezlik bilan otilgan. Jismning tezligi 20 m/s boʻlgan momentda trayektoriyaning egrilik radiusi topilsin.

56. Nuqtaning egri chiziq bo‘ylab harakati $S = 2 - 4t^2 + t^3$ qonun bilan ifodalanadi. Harakatning 4- sekundida agar normal tezlanish $a_n = 6 м / c^2$ ga teng bo‘lsa, shu momentdagi trayektoriyani egrilik radiusi topilsin.

57. Nuqta radiusi 10 m bo‘lgan aylananing yoyi bo‘ylab harakatlanmoqda. Vaqtning biror momentida nuqtani normal tezlanishi 4 m/s^2 ga teng. Shu momentda to‘liq tezlanish vektori normal tezlanish vektori bilan 60^o burchak hosil qiladi. Nuqtaning tezligi va tangensial tezlanishi topilsin.

58. Nuqta egri chiziq bo‘ylab a_τ = 0.5 m/s^2 ga teng bo‘lgan o‘zgarmas tangensial tezlanish bilan harakatlanmoqda. Agar nuqtaning egri chiziq‘i radiusi 3 m bo‘lgan uchastkasida tezligi 2 m/s bo‘lgan bo‘lsa, uning shu uchastkadagi to‘liq tezlanishi topilsin.

59. Minoradan gorizontal yo‘nalishda 14 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Necha sekunddan so‘ng toshni tangentsial tezlanishi 0.6 m/s^2 ga teng bo‘ladi? Havoning qarshiligi e’tiborga olinmasin.

60. Jism gorizontga nisbatan α_o burchak ostida υ_o tezlik bilan otilgan. Agar trayektoriyani eng yuqori nuqtasida egrilik radiusi 5 m bo‘lsa, jismni qanday burchak ostida otilganligi aniqlansin.

61. Jism gorizontga nisbatan burchak ostida 14 m/s tezlik bilan otilgan. Trektoriyani eng yuqori nuqtasida uni egrilik radiusi aniqlansin. Havoning qarshiligi e’tiborga olinmasin.

62. Jism gorizontga nisbatan 60^o burchak ostida 14 m/s tezlik bilan otilgan trayektoriyani eng yuqori nuqtasida uni egrilik radiusi aniqlansin. Havoning qarshiligi e’tiborga olinmasin.

63. Jism gorizontga nisbatan 45^0 burchak ostida 10 m/s tezlik bilan otilgan. Harakat boshlanishidan 1s o‘tgach traektoriyani egrilik radiusi topilsin.

64. Jismni maksimal ko‘tarilish balandligi uchish masofasiga teng bo‘lishi uchun u gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilishi kerak?

65. Jism gorizontga nisbatan α_o burchak ostida υ_o tezlik bilan otilgan. Tezlik vektorini gorizont bilan hosil qiluvchi β burchakni vaqtga bog‘lanishi topilsin.

66. Jism gorizont bo‘iylab 15 m/s tezlik bilan otilgan. Harakat boshlinishidan 1 s o‘tgach jismni normal va tangensial tezlanishlari topilsin.

67. Tosh gorizontal yo‘nalishda otilgan. Harakat boshlanishidan 0.5 s o‘tgach tosh tezligini qiymati uni boshlang‘ich tezligiga nisbatan 1.5 marta katta

bo‘lgan. Toshning boshlang‘ich tezligi topilsin. Havoning qarshiligi e’tiborga olinmasin.

68. Tog‘dan gorizontal yo‘nalishda 15 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Qancha vaqtdan so‘ng uning tezligi gorizont bilan 45^o burchak hosil qiladi?
69. Minoradan gorizontal yo‘nalishda 20 m/s tezlik bilan jism otilgan. Agar u minoraning balandligi h dan ikki barobar katta masofada (minora asosidan) yerga tushgan bo‘lsa, minoraning balandligi topilsin.
70. Gorizontga nisbatan 60^o burchak ostida υ_o = 20 m/s tezlik bilan jism otilgan. Qancha vaqtdan so‘ng gorizontga nisbatan jism $\beta = 45^o$ burchak ostida harakatlanadi?
71. Minoradan gorizontal yo‘nalishda 15 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Qancha vaqtdan so‘ng tangensial va normal tezlanishlar tenglashadi? Havoning qarshiligi e’tiborga olinmasin.
72. Nuqta radiusi 4 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlanmoqda. Uning harakat qonuni $S = 8 - 2t^2$ (S - metrlarda, t -sekundlarda) bilan ifodalanadi. Vaqtning qanday momentida uning normal tezlanishi $a_n = 9$ m/s^2 ga teng bo‘ladi?
73. Nuqtaning aylana bo‘ylab harakati $S = 10 - 2t + t^2$ tenglama bilan berilgan. Harakat boshlanishidan 2s o‘tgach nuqtaning normal tezlanishi 1 m/s^2 ga teng bo‘lgan bo‘lsa, aylananing radiusi topilsin.
74. Nuqta radiusi 2 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlanmoqda. Harakat tenglamasi $S = 2t^3$. Vaqtning qaysi momentida uning normal tezlanishi tangensial tezlanishiga teng bo‘ladi?
75. Nuqtaning radiusi 4 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakati $S = 10 - 2t + t^2$ tenglama bilan berilgan. Nuqtaning 2 sekunddan keyingi normal va tangensial tezlanishlari topilsin.
76. Jism radiusi 10 m bo‘lgan aylana bo‘ylab $S = 4 - 2t^2 + t^4$ qonun asosida aylanmoqda. Vaqtning qaysi momentida uning tangensial tezlanishi 44 m/s^2 ga teng bo‘ladi?
77. Moddiy nuqtaning radiusi R bo‘lgan aylana bo‘ylab harakat tenglamasi $S = 8t - 0.2t^3$ ko‘rinishga ega. Nuqtaning 3-sekunddagi normal va tangensial tezlanishlari topilsin.

78. Minoradan gorizontal yo‘nalishda 20 m/s tezlik bilan tosh otilgan. Harakat boshlanishidan 2s o‘tgach toshning tezligi, normal va tangensial tezlanishlari aniqlansin.
79. Gorizontga nisbatan burchak ostida 20m/s tezlik bilan tosh otilgan. Harakat boshlanishidan 2s o‘tgach toshning tezligi, normal va tangensial tezlanishlari aniqlansin.
80. Balandligi 49 m bo‘lgan minoradan gorizontal yo‘nalishda 5 m/s tezlik bilan jism otilgan. Tushish vaqtining yarimiga teng bo‘lgan momentdagi nuqtada jismni tangensial va normal tezlanishlari aniqlansin. Minoradan qanday masofada u yerga tushadi?
81. Tik, balandligi 24.5 m bo‘lgan qoyadan gorizontal yo‘nalishda biror boshlang‘ich tezlik bilan koptok otilgan. Koptok yerda qoya asosidan 30 m uzoqlikda joylashgan nishonga tegadi. Koptok qanday boshlang‘ich tezlik bilan otilgan va u nishonga tegib, qanday tezlikka ega bo‘ladi?
82. 5 m balandlikdan gorizontga nisbatan 30^o burchak ostida otilgan koptok yerga tushdi. Agar uning boshlang‘ich tezligi 22 m/s bo‘lsa, koptokning oxirgi tezligini va uchish masofasini toping.
83. Tezligi 20 m/s bo‘lgan jismning uchish masofasi uning ko‘tarilish balandligidan 4 marta katta bo‘lishi uchun u gorzontga nisbatan qanday burchak ostida otilishi kerak? Trayektoriyaning eng baland nuqasida egrilik radiusi topilsin.
84. Tezligi 15 m/s bo‘lgan koptok gorizontal sirtga urilib, undan huddi shu tezlik bilan qaytdi. Koptokning tushish burchagi 60^o. Koptokning ko‘tarilish balandligini, uchish masofasini va trayektoriyani eng yuqori nuqtasida egrilik radiusini aniqlang.
85. Harakat boshnishidan 1.5 s o‘tgach maxovik gardishida yotgan nuqtaning to‘liq tezlanishi vektori maxovik radiusi bilan qanday burchakni tashkil etadi? Maxovikni burchakli tezlanishi 0.77 m/s^2 ga teng .
86. Radiusi R = 20 sm bo‘lgan disk $\varphi = A + bt + Ct^3$ tenglamaga asosan aylanadi bunda, A = 3 rad, V = -1 rad/s, S = 0.1 rad/s^3. Vaqtning t = 10 s momenti uchun disk aylanasida yotgan nuqtalarni tangensial a_τ , normal a_n va to‘liq a tezlanishi aniqlansin.

87. Nuqtaning aylana bo‘ylab tekis tezlanuvchan harakati uchun t_2/t_1 aniqlansin, agarda $\frac{a_{n1}}{a_{n2}} = 5$ bo‘lsa, vaqt harakat boshlanish momentidan hisoblanadi.
88. t = 6 s vaqt davomida radiusi R = 0.8 m aylana uzunligini yarmiga teng bo‘lgan yo‘lni bosib o‘tdi. Shu vaqt ichidagi o‘rtacha yo‘l tezligi va o‘rtacha tezlik vektorini moduli topilsin.
89. Nuqtaning egri chiziq bo‘ylab harakati $x = a_1 t^3$ va $y = a_2 t$ tenglamalar bilan ifodalanadi. Bu yerda a_1= 1 m/s^2 va a_2=2 m/s. Nuqtaning, harakat trayektoriyasinining tenglamasi, t=0.8 s vaqt momenti uchun uning tezligi va tezlanishi aniqlansin.
90. Nuqtaning egri chiziq bo‘ylab harakati $x = 2t^2$ va $y = t^4$ tenglamalar bilan berilgan. Nuqta trayektoriyasini tenglamasi topilsin.
91. Jism gorizontga nisbatan 30^o burchak ostida otilgan. Harakatning boshlang‘ich momentidagi normal va tangensial tezlanishlar topilsin.
92. Gorizontga nisbatan 30^o burchak ostida quroldan chiqqan snarad t_1 = 10s va t_2 = 50s vaqt o‘tgach ikki marta biror bir balandlikda bo‘lgan. Boshlang‘ich tezlik va shu balandlik topilsin.
93. Vaqtning qanday momentida gorizontal ravishda υ_o = 19.6 m/s boshlang‘ich tezlik bilan otilgan jismni tangensial tezlanishi normal tezlanishga teng bo‘ladi?
94. Koptok υ_o = 9.8 m/s tezlik bilan gorzontal ravishda otilgan. Qancha vaqtdan so‘ng koptokning normal tezlanishi tangensial tezlanishdan 2 marta katta bo‘ladi?
95. Jar chetidan υ_o = 20 m/s tezlik bilan gorzontal yo‘nalishda koptok otilgan. Trayektoriyani shunday nuqtasi topilsinki, undagi egrilik radiusi eng yuqori nuqtadagi egrilik radiusiga nisbatan 8 marta ortiq bo‘lsin.
96. Jism gorzontal ravishda otilgan. Otilgandan so‘ng 5 s vaqt o‘tgach uning to‘liq tezligi va to‘liq tezlanishi yo‘nalishlari orasidagi burchak β = 45^o ga teng bo‘ldi. Shu momentdagi jismni to‘liq tezligi υ topilsin.
97. Futbol koptogi υ_o = 10.7 m/s boshlang‘ich tezlik bilan gorizontga nisbatan α = 30^o burchak ostida otildi. Koptok, otilgan nuqtadan S = 6 m masofada

joylashgan vertikal devorga elastik uriladi. Koptok otilgan nuqtadan yerga tushish nuqtagacha bo‘lgan masofa topilsin.

98. Jism gorizontga nisbatan burchak ostida υ_o = 10 m/s boshlang‘ich tezlik bilan otilgan. Jismni h = 3 m balanda bo‘lgan momentdagi tezligi topilsin.

99. Pilotajning biror bir figurasini bajarishda samolyot harakat yo‘lining to‘g‘ri chiziqli uchastkasidagi trayektoriyasi $x = bt + ct^2$ tenglama bilan ifodalanadi, bunda b = 250 m/s, c = 5 m/s^2. Figurani bajarish boshlanganidan 5 s o‘tgach samolyotni chiziqli tezligi va tangensial tezlanish topilsin.

100. Minoradan gorizontga nisbatan α = 30^o burchak ostida υ_o = 10 m/s boshlang‘ich tezlik bilan tosh otilgan. Otilgandan so‘ng 4s o‘tgach tosh egallagan nuqta bilan u otilgan nuqta oradsidagi eng qisqa masofa topilsin.

101. 1 m balandlikdan po‘lat plitaga 100 g massali sharcha erkin tushadi va 0.5 m balandlikka sakraydi. Plita tomonidan sharchaga qanday kuch impulsi uzatilganligini aniqlang.

102. 1.77 m balandlikdan 1000 kg massali bolg‘a tushdi. Urilish vaqti 0.01 s bo‘lsa, urilish kuchining o‘rtacha qiymati topilsin.

103. Massasi 0.5 kg bo‘lgan jism shunday harakatlanmoqdaki, uning bosib o‘tgan yo‘li S ning vaqt t ga bog‘liqligi $S = 5\sin\prod t$ tenglama bilan beriladi. Harakat boshlangandan so‘ng t = 1/6 s vaqt o‘tgach, jismga ta’sir etuvchi kuch topilsin.

104. Massasi 2 kg bo‘lgan jismga qandaydir o‘zgaruvchan kuch ta’sir etmoqda. Bu kuch ta’sirida jism $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$tenglamaga muvofiq harakatlanmoqda, bunda S = 1 m/s$^{2.}$ D = -0.2 m/s^2 . Vaqtning qaysi momentida jismga ta’sir etuvchi kuch nolga teng bo‘ladi?

105. 10 N ga teng bo‘lgan o‘zgarmas kuch ta’sirida jism shunday harakat qiladiki, uning bosib o‘tgan yo‘lini vaqtga bog‘lanishini ifodalaydigan tenglama $S = -Bt + Ct^2$ ko‘rinishga ega. Agar S=1 m/s^2 bo‘lsa, jismning massasi topilsin.

106. O‘zgarmas massali jism tormozlangunga qadar tekis harakatlangan. To‘xtash momentida tormozlovchi kuch F_1=40 N ga tenglashadi. Agar tormozlovchi kuch ta’sir qilgandan keyin bosib o‘tilgan yo‘lni vaqtga

boglanishi $S = 196t - t^3$ qonun bilan o‘zgargan bo‘lsa, tormozlanish boshlangandan so‘ng 3s o‘tgach tormozlovchi kuchni toping.

107. Massasi 200 kg chana gorizontal yo‘nalishda tezlanuvchan harakat qilmoqda. Ta’sir etuvchi kuch 1000 N ga teng bo‘lib, gorizontga nisbatan 30^o burchak hosil qiladi. Ishqalanaish koeffisiyenti 0.05. Chananing tezlanishi topilsin.

108. Massasi 5 kg bo‘lgan chananing 5 s davomida gorizontal yo‘nalishda 20 N kuch bilan tortishdi. Yo‘l va chana orasidagi ishqalanish koeffisiyenti 0.3. Harakat boshlanishidan, to to‘xtagunga qadar chana qancha yo‘l bosadi?

109. Shnur bilan bog‘langan va massalari 1 kg va 4 kg bo‘lgan ikki brusok stol ustida yotadi. Agar birinchi brusokka gorizontal yo‘nalgan 10 N kuch bilan ta’sir etilsa, brusoklar qanday tezlanish bilan harakatlanadi. Ishqalanishni e’tiborga olmang.

110. Liftning passajirlar bilan og‘irligi $8\cdot10^3$ N. Agar lift osilgan trosni tarangligi $1.2\cdot10^4$ N ga teng bo‘lsa, liftnining tezlanishi va harakat yo‘nalishini toping.

111. Liftning passajirlar bilan og‘irligi 10^4 N. Agar lift osilgan trosni tarangligi $1.2\cdot10^4$ N ga teng bo‘lsa. liftning tezlanishi va harakat yo‘nalishni toping.

112. Agar havoning qarshiligi tezlikka bog‘liq bo‘lmay, o‘rtacha og‘irlik kuchining 1/7 ga teng bo‘lsa, tik yuqoriga 44.8 m/s tezlik bilan otilgan jism necha sekunddan keyin yerga tushadi?

113. Prujinali taroziga blok osilib, undan shnur o‘tkazilgan. Shnur uchlariga massasi 1.5 kg va 3 kg bo‘lgan yuklar osilgan. Yuklarning harakati paytida tarozini ko‘rsatishi qanday bo‘ladi? Blok va shnur massalari e’tiborga olinmasin.

114. Blok orqali o‘tkazilgan vaznsiz ipga massalari 220 g va 270 g bo‘lgan yuklar osilgan. Sistemaning tezlanishi aniqlansin. Blokning massasi va undagi ishqalanish e’tiborga olinmasin.

115. Qo‘zg‘almas blok orqali o‘tkazilgan ip uchlariga osilgan jismlarning har birining massasi 240 g. Jismlar 4 s davomida 160 sm yo‘l o‘tishi uchun ularning biriga qo‘yilgan qo‘shimcha yukning massasi qancha bo‘lishi kerak?

116. Massasi 0.4 kg bo‘lgan jism tik yuqoriga 30 m/s boshlang‘ich tezlik bilan otilgan. U ko‘tarilishni eng yuqori nuqtasiga 2.5 s da yetdi. Ko‘tarilish paytida jismga ta’sir etuvchi havoning qarshilik kuchining o‘rtacha qiymati qanday?
117. Tekis tushayotgan ayrostatdan qanday massali ballastni tashlansa, u xuddi shu tezlik bilan tekis ko‘tarila boshlaydi? Ayrostatni ballast bilan masasi 16000 kg, ayrostatni ko‘tarish kuchi 12000 N. Havo qarshiligi ko‘taralishda va tushishda bir deb qaralsin.
118. Massasi ballast bilan m bo‘lgan ayrostat o‘zgarmas a tezlanish bilan pastga tushmoqda. Ayrostatdan qancha ballastni tashlab yuborilsa, u avvalgi, lekin tik yuqoriga yo‘nalgan tezlanish bilan ko‘tarila boshlaydi. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.
119. Ipga tosh osilgan. Agar bu toshni a_1= 3 m/s^2 tezlanish bilan ko‘tarilsa, u holda ipning tarangliklig i u uzilishi mumkin bo‘lgan taranglikdan ikki marta kichik bo‘ladi. Bu toshni qanday tezlinish bilan ko‘tarilsa uziladi?
120. Dinamometr, unga osilgan yuk bilan avval tik yuqoriga ko‘tarilgan, so‘ngra esa pastga tushirilgan. Ikki holda ham harakat musbat tezlanish bilan bo‘lib, u 6 m/s^2 ga teng bo‘lgan. Dinamometr ko‘rsatishlarining farqi 29.4 N bo‘lsa, yukni massasi qancha edi?
121. Biror diametrli po‘lat sim 4400 N taranglik kuchiga chidash beradi. Shu simga osilgan massasi 400 kg yukni qanday tezlanish bilan ko‘tarish mumkinki, bunda sim uzilib ketmasin?
122. Massasi 2.5 kg bo‘lgan jism 10.6 m/s^2 tezlanish bilan pastga tik ravishda tushmoqda. Tushish vaqtida jismga og‘irlik kuchi bilan birgalikda ta’sir etuvchi kuchni kattaligi topilsin.
123. Gorizontal taxtada yuk yotibdi. Yuk bilan taxta orasidagi ishqalanish koeffisiyentini 0.1 deb olamiz. Taxtaga gorizontal yo‘nalishda qanday tezlanish berilganda undagi yuk sirpanib tushadi?
124. Massalari 1 kg va 4 kg bo‘lgan, o‘zaro shnur bilan bog‘langan ikki brusok stol ustada yotibdi. Agar birinchi brusokka gorizontal yo‘nalishda 10 N kuch bilan ta’sir etilsa, shnurning taranglik kuchi qanday bo‘ladi?
125. Relsda turgan vagonga qanday kuch bilan ta’sir etilsa u tekis tezlanuvchan harakat qila boshlab 30 s vaqt ichida 11 m yo‘l bosadi. Vagonning

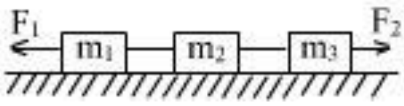
massasi 16 m. Harakat paytida vagonga uning og‘rilik kuchining 0.05 ga teng bo‘lgan ishqalanish kuchi ta’sir etadi.

126. Massalari 1 kg va 4 kg bo‘lgan, o‘zaro shnur bilan bog‘langan ikki brusok stol ustida yotibdi. Agar ikkinchi brusokka gorizontal yo‘nalishda 10 N ga teng bo‘lgan kuch bilan ta’sir etilsa, brusoklar qanday tezlanish bilan harakat qiladilar. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.

127. Silliq stol ustida 4 kg massali brusok yotibdi. Brusokka ikkita shnur bog‘langan va ular stolni qarama-qarshi chekkalariga mahkamlangan ikkita qo‘zg‘almas va vaznsiz bloklar orqali o‘tkazilgan. Shnurlar uchiga massalari 1 kg va 2 kg bo‘lgan yuk osilgan. Har bir shnurni taranglik kuchi topilsin.

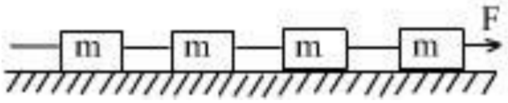
128. Jism gorizontga nisbatan α burchak hosil qiluvchi F kuch ta’sirida gorizontal tekislik bo‘ylab harakatlanmoqda. Jism massasi m, jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffisiyenti k. Qanday kuch ta’sirida harakat tekis bo‘ladi?

129. Vaznsiz ip bilan bog‘langan bir-biriga, uchta jism silliq stol ustida turibdi (3-rasm). m_1 massali jismga tekislik bo‘ylab yo‘nalgan F1 kuch qo‘yilgan, massasi m_3 bo‘lgan jismga F2>F1 kuch qarama-qarshi yo‘nalishda ta’sir etmoqda. m_1 va m_3 massali jismlar orasidagi ipning taranglik kuchi topilsin.



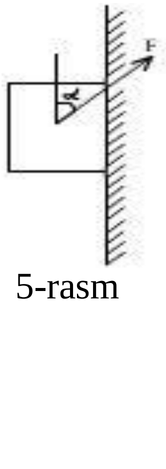
3-rasm

130. Bir-biri bilan bog‘langan va har birini massasi m bo‘lgan to‘rtta brusok silliq stol ustiga qo‘yilgan (4-rasm). Birinchi brusokka gorizontal yo‘nalgan F kuchi ta’sir etmoqda. Hama iplarning taranglik kuchlari topilsin. Brusoklar va stol orasidagi ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.



4-rasm

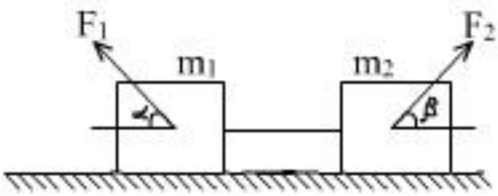
131. Massasi m bo‘lgan jism vertikal devor bo‘ylab yuqoriga qarab, vertikal bilan α burchak hosil qiluvchi F kuch ta’sirida



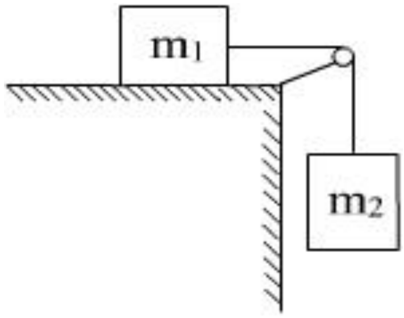
5-rasm

harakatlanmoqda (5-rasm). Jism va devor orasidagi ishqalanish kuchi k. Jismning tezlanishi topilsin.

132. Cho‘zilmas ip bilan bog‘langan va massalari m_1 va m_2 bo‘lgan ikkita brusok gorizontal tekislikda joylashgan. Ularga gorizont bilan α va β burchak hosil qiluvchi F1 va F2 kuchlar qo‘yilgan (6-rasm). Brusoklar bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffisiyenti k. F_1 va F_2 kuchlar brusoklar og‘irligidan kichik. Sistema chapga tomon harakatlanmoqda. Sistemaning tezlanishi topilsin.

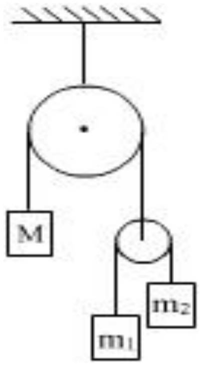


6-rasm



7-rasm

133. Stol ustida 20 kg massali jism turibdi. Jismga qo‘zg‘almas va vaznsiz blok orqali o‘tgan ip bog‘angan. Ipning ikkinchi uchiga 10 kg massali jism osilgan (7-rasm). Jismlar qanday tezlanish bilan harakat qiladilar? Ishqalanish koeffisiyenti 0.2. Blokdagi ishqalanish e’tiborga olinmasin.



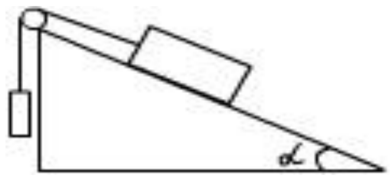
8-rasm

134. Rasmda tasvirlangan sistemada m_1 = 3.5 kg, m_2 = 1.5 kg. M massaning qanday qiymatida bu massali jism tezlanish olmaydi? Bloklar massasi va ishqalanish kuchi e’tiborga olinmasin.

135. Silliq stol ustida 4 kg massali brusok turibdi. Stolni ikki qarama-qarshi chekkasiga mahkamlangan qo‘zg‘almas bloklar orqali o‘tkazilgan ikki shnur brusokka bog‘langan. Shnurlar uchiga massalari 1 kg va 2 kg yuk osilgan. Brusokning harakat tezlanishi topilsin. Blok massasi va ishqalanish kuchi e’tiborga olinmasin.

136. Jism gorizont bilan 45^o burchak tashkil etuvchi qiya tekislik bo‘ylab sirpanmoqda. Jismni vaqtga bog‘liq ravishda bosgan yo‘li $S = 1{,}73t^2$ tenglama bilan berilgan. Jismni tekislikka ishqalanish koeffisiyenti topilsin.

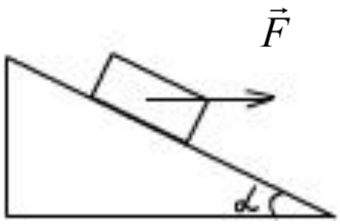
137. Agar jismni qiya tekislikda tinch bo‘lish chekli burchagi 30^o ga teng bo‘lsa, balandligi 2 m va qiyalik burchagi 45^o bo‘lgan qiya tekislik uchidan og‘ir jism qancha vaqt ichida pastga tushadi?



9 - rasm

138. Vaznsiz blok gorizont bilan 30^o burchak tashkil etuvchi qiya tekislik uchiga mahkamlangan. Teng og‘irlikka ega bo‘lgan va har biri 10 N ga teng ikki jism ip bilan bog‘lanib blok orqali o‘tkazilgan. Ipning tarangligi topilsin. Ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.

139. Og‘irligi 104 N bo‘lgan avtomobil yo‘lni har 25m masofasida balandlik 1m ga o`zgaradigan tog‘ga o‘zgarmas tezlik bilan chiqayotgan bo‘lsa, motorining tortish kuchini toping. Harakat paytida avtomobilga uning og‘irligini 0.1 qismiga teng bo‘lgan ishqalanish kuchi ta’sir etadi.



10 - rasm

140. Qiya tekislikdagi 50 kg massali jismga 294 N kuch gorizontal yo‘unalishda ta’sir etmoqda. Jism qiya tekislikka qanday kuch bilan bosadi. Qiya tekislik gorizont bilan 30^o burchak tashkil etadi. Ishqalanish e’tiborga olinmasin (10-rasm).

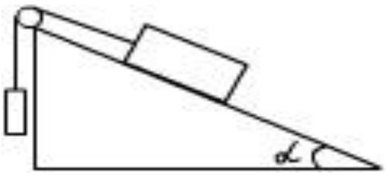
141. Massasi 100 kg bo‘lgan jism qiyalik burchagi 20^o bo‘lgan qiyalik tekislik bo‘ylab qiyalik tekislikka parallel va 1000 N ga teng bo‘lgan kuch ta’sirida ko‘tarilmoqda. Ishqalanish koeffisiyenti 0.1. Jism qanday tezlanish bilan harakatlanadi?

142. 100 kg massali jism qiya tekislik bo‘ylab 2 m/s^2 tezlanish bilan ko‘tarilmoqda. Jismni ko‘tarish uchun qiya tekislikka normal bo‘lgan qanday kuch ta’sir etishi kerak? Ishqalanish koeffitsiyenti 0.2. Qiyalik burchagi 30^o.

143. Gorizontga nisbatan qiyaligi 30^o bo‘lgan kanat temir yo‘lidan 500 kg massali vagonetka pastga tushmoqda. Vagonetkaning tezligini 10 m yo‘lda ikki marta kamaiyishi uchun kanatga qanday kuch qo‘yilishi lozim, agar u tormozlanish oldidan 4 m/s tezlikka ega bo‘lgan bo‘lsa, ishqalanish koeffitsiyentini 0.1 deb hisoblang.

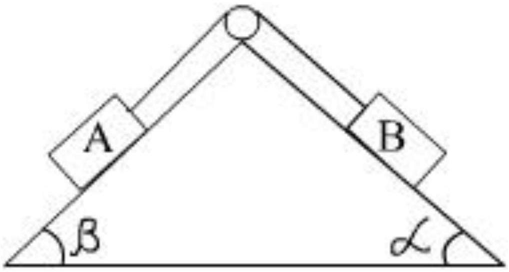
144. Muzli tog‘ gorizont bilan 10^o burchak tashkil etadi. Bu tog‘ bo‘ylab biror balandlikka tosh ko‘tariladi, so‘ngra huddi shu yo‘l bilan pastga sirpanib tushadi. Agar yuqoriga chiqish vaqti tushish vaqtiga nisbatan ikki marta ko‘p bo‘lsa, ishqalanish koeffisiyenti qanday.

145. Gorizont bilan 45^o burchak tashkil etuvchi qiya tekislik uchiga vaznsiz blok mahkamlangan. Blok orqali ip o‘tkazib uning uchlariga har birining massasi 2 kg bo’lgan A va B yuk osilgan. Ipning tarangligi topilsin. Qiya tekislikdagi ishqalanish koeffisiyenti 0.2, blokdagi ishqalanish e’tiborga olinmasin.



11- rasm

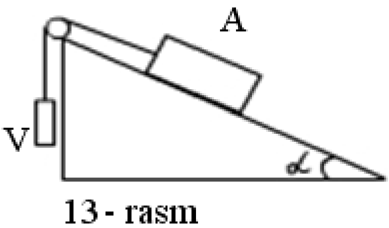
146. Gorizont bilan $\alpha = 30^o$ va $\beta = 45^o$ burchak tashkil etuvchi ikki qiya tekislik cho‘qqisiga vaznsiz blok qo‘yilgan. Massalari 1 kg bo‘lgan ikki A va B yuklar ip bilan bog‘lanib blok orqali o‘tkazilgan. Ipning tarangligi topilsin. Ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.



12 - rasm

147. Gorizont bilan 4^o burchak tashkil etgan qiya tekislikda jism joylashgan. Agar ishqalanish koeffisiyenti 0.3 bo‘lsa, jism qiya tekislik bo‘ylab qanday tezlanish bilan sirpanadi?

148. Gorizont bilan 45^o burchak tashkil etuvchi qiya tekislik uchiga vaznsiz blok o‘rnatilgan. Har birining massasi 3 kg bo‘lgan va bir-biri bilan ip bilan bog‘langan A va V yuklar blok orqali o‘tkazilgan. Yuklar qanday tezlanish bilan harakatlanadi? Qiya tekislikdagi ishqalanish koeffisiyenti 0.3. Blokdagi ishqalanish e’tiborga olinmasin.



13 - rasm

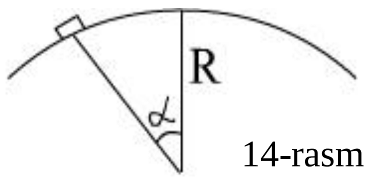
149. Gorizont bilan 25^o burchak tashkil etuvchi qiya tekislikni uzunligi 2 m. jism tekis tezlanuvchan harakatlanib qiya tekislikdan 2 s davomida sirpanib tushdi. Jismni qiya tekislik bilan ishqalanish koeffisiyentini toping.

150. Gorizont bilan 4^o burchak tashkil etuvchi qiya tekislikda jism turibdi. Qanday chegaraviy ishqalanish koeffisiyentida jism qiya tekislikda sirpana boshlaydi?

151. Gorizontal yo‘lda 9 km/soat tezlik bilan harakatlanuvchi velosipedchi burilishda chizadigan yoyning eng kichik radiusi qanday bo‘ladi? Berilgan yo‘lda velosiped shinasining ishqalanish koeffisiyenti 0.25.

152. Massasi 1000 kg bo‘lgan avtomobil egrilik radiusi 50 m ga teng qavariq ko‘pirik ustida harakatlanmoqda. Eng yuqori nuqtada ko‘prikka bosim ko‘rsatmaslik uchun avtomobil qanday eng kichik tezlik bilan harakatlanishi kerak?

153. M massali avtomobil egrilik radiusi R bo‘lgan ko‘prikda υ tezlik bilan harakatlanmoqda. Avtomobil joylashgan nuqtagacha ko‘prikni egrilik markazidan bo‘lgan yonalish bilan ko‘prik cho‘qqisigacha bo‘lgan yo‘nalish orasidagi burchak α bo‘lganda u qanday kuch bilan ko‘prikka ta’sir etadi?



14-rasm

154. m=5 t massali tramvay vagoni egrilik radiusi 128 m bo‘lgan yolda burilyapti. Harakat tezligi 9 km/soat bo‘lganda g‘ildiraklar relslarga qanday kuch bilan ta’sir etadi?

155. Uzunligi l = 50 sm arqonga bog‘langan tosh vertikal tekislikda aylanadi. Agar arqon toshning og‘irligiga 10 marta katta kuchlanish ta’sirida uziladigan bo‘lsa, tosh sekundiga necha marta aylanganda u uziladi?

156. Arqonga bog‘langan tosh vertikal tekislikda aylanmoqda. Agar arqonning maksimal va minimal tarangligi farqi $\Delta T = 10$ N bo‘lsa, toshning massasi topilsin.

157. Uzunligi l = 30 sm bo‘lgan ipga bog‘langan tosh gorizontal tekislikda radiusi R = 15 sm bo‘lgan aylana chizmoqda. Toshning aylana chastotasi topilsin.

158. Uzunligi l=25 sm arqonga bog‘langan m=50 g massali tosh gorizontal tekislikda aylana chizmoqda. Aylanish chastotasi $\nu = 2$ ayl/s. Ipning tarangligi topilsin.

159. Gorizontal o‘q atrofida disk ν=30 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Aylanish o‘qidan 30 sm masofada diskda jism turibdi. Disk bilan jism

orasidagi ishqalanish koeffisiyenti qanday bo‘lganda jism disk ustidan sirpanib ketmaydi?

160. υ=900 km/soat tezlik bilan uchayotgan samolyot "o‘lik sirtmog‘i"ni bajardi. O‘rindiqqa bosuvchi kuchning eng katta qiymati uchuvchi og‘irligiga nisbatan besh marta katta bo‘lishi uchun uning radiusi qanday bo‘lishi kerak?
161. Massasi m=200 g bo‘lgan tosh ipda vertikal tekislikda aylanmoqda. Tosh eng past nuqtadan o‘tayotganda eng baland nuqtadan o‘tishga nisbatan ipning tarangligi qanday bo‘ladi?
162. Uzunligi 50 sm arqonga 0.5 kg massali tosh vertikal tekislikda aylanmoqda. Aylananing eng past nuqtasida arqon tarangligi T=44 N. Agar arqon tezligi vertikal yuqoriga yo‘nalgan momentda uzilsa, tosh qanday balandlikka ko‘tariladi?
163. Sportchi maksimal uzoqlikka tushishni ta’minlovchi trayektoriya bo‘yicha molot (trosdagi yadro) ni 70 m masofaga otdi. Otish paytida sportchining qo‘liga qanday kuch ta’sir etadi? Yadroning massasi m=5 kg. Sportchi radiusi R=1.5 m aylana bo‘ylab aylantirib molot tezligini oshiradi.
164. Avtomobil qavariq va botiq ko‘priklarning o‘rtasida ta’sir etuvchi kuchlar bir-biriga nisbati qanday? Ko‘priklarning egrilik radiusi ikki holda ham 40 m. Avtomobilning harakat tezligi 36 km/soat.
165 Massasi 2 t bo‘lgan avtomobil 54 km/soat tezlik bilan egrilik radiusi 90 m bo‘lgan qavariq ko‘prik ustida harakat qilmoqda. Qaysi nuqtada avtomobilning ko‘prikka ta’sir kuchi F=5 kN ga teng bo‘ladi?
166. Avtomobil egrilik radiusi R=40 m bo‘lgan qavariq ko‘prik ustida harakatlanmoqda. Ko‘prikning eng yuqori nuqtasida avtomobil tezligi υ=50.4 km/soat, avtomobil g‘ildiraklarini ko‘prikka ishqalanish koeffisiyenti μ=0.6 bo‘lsa, u bu nuqtada qanday maksimal gorizontal tezlanish olishi mumkin?
167. Massasi 2 t bo‘lgan avtomobil 54 km/soat tezlik bilan egrilik radiusi R=90 m bo‘lgan qavariq ko‘prik ustida harakat qilmoqda. Egrilik markazi bilan ko‘prik cho‘qqisiga yo‘nalish bilan ko‘prik nuqtasiga yo‘nalish orasidagi burchak α bo‘lgan nuqtada avtomobilni ko‘prikka ta’siri 5000 N. α burchak aniqlansin.

168. Reaktiv dvigatelli samolyot 1440 km/soat tezlik bilan uchmoqda. Odam o‘z og‘irligini besh marta ortishiga chiday oladi deb hisoblab, samolyot vertikal tekislikda qanday radiusli aylana bo‘ylab harakat qila oladi?
169. Samolyot aylana bo‘ylab o‘zgarmas υ=360 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Agar samolyot korpusi uchish yo‘nalishiga nisbatan $\alpha=10^o$ burchakka burilgan bo‘lsa, aylana radiusini toping.
170. Qiyalik burchagi $\alpha=30^o$ va egrilik radiusi R=90 m bo‘lgan silliq trek bo‘ylab mototsikl qanday tezlik bilan harakatlanmog‘i lozim? Agar ishqalanish koeffitsiyeti μ=0.4 bo‘lsa, mototsiklchi qiyalik burchagi va egrilik radiusi yuqoridagidek bo‘lgan trek bo‘ylab qanday maksimal tezlik bilan harakat qilishi mumkin?
171. Poyezd υ=72 km/soat tezlik bilan R=800 m radiusli burilishda harakatlanmoqda. Tashqi rels ichki relsdan qancha baland bo‘lishi kerak? Gorizont bo‘ylab relslar orasidagi masofani d=1.5 m deb oling.
172. Yo‘lning R=100 m radiusli burilishida avtomobil tekis harakatlanmoqda. Avtomobilning og‘irlik markazi h=1 m balandlikda joylashgan. Avtomobil izining kengligi a=1.5 m. Qanday tezlikda avtomobil ag‘darilishi mumkin? Ko‘ndalang yo‘nalishda avtomobil sirpanmaydi.
173. υ=72 km/soat bilan egri yo‘lda tekis harakatlanayotgan poyezd vagonida prujinali tarozida yuk tortilmoqda. Yuk massasi m=5 kg yo‘lning egrilik radiusi R=200 m. Prujinali tarzining ko‘rsatishini aniqlang.
174. Agar odam massasi M=70 kg va aylanishda kanat stolba bilan $\alpha=45^o$ burchak hosil qilsa, gigant qadam kanatining tarangligi qanday? Agar osilish uzunligi ℓ=5 m bo‘lsa, gigant qadam qanday burchak tezlik bilan aylanadi?
175. Kengligi ℓ=100 m bo‘lgan daryo ustida aylana yoyi shaklida qavariq ko‘prik qurilgan. Ko‘prikning yuqori nuqtasi qirg‘oqdan h=10 m baland. Ko‘prik F=44.1 kN ga teng bo‘lgan maksimal ta’sirga chidab berishi mumkin. Massasi m=5000 kg bo‘lgan gruzovik qanday tezlik bilan koprikdan o‘tishi mumkin?
176. Massasi 70 kg bo‘lgan odam trapetsiyani o‘rtasida o‘tiribdi. Trapetsiya yo‘g‘ochi uzunligi l=8 m bo‘lgan arqonga osilgan. Tebranganda odam

muvozanat holatdan υ=6 m/s tezlik bilan o‘tadi. Shu momentda har bir arqonning tarangligi qanday?

177. Uzunligi l bo‘lgan ipga osilgan m massali sharcha gorizontal tekislikda aylanmoqda. Sharcha harakatlanayotgan aylana radiusi R kattalik jihatdan $\frac{2l}{\sqrt{5}}$ ga teng bo‘lishi uchun ipning tarangligi T qanday bo‘lishi kerak?
178. Shipga arqonda osib qo‘yilgan tosh shipdan h=1.25 m bo‘lgan masofadagi aylana bo‘ylab harakatlanmoqda. Toshning aylanish davri topilsin.
179. Massasi m=10 kg bo‘lgan va ipda vagon shipiga osib qo‘yilgan shar vertikaldan $\alpha=45^o$ burchakka og‘ishi uchun, egrilik radiusi R=98 m bo‘lgan yo‘lda harakatlanayotgan vagon qanday tezlikka ega bo‘lishi kerak? Ipning tarangligi bunda qanday bo‘ladi?
180. Trayektoriya egriligi radiusi R=400 m va tezligi υ=120 km/soat bo‘lgan samolyot pikirovkadan chiqish momentida asos yuzasi s=1 m^2 balandligi 0.8 m gacha benzin bilan to‘ldirilgan bakning tubiga qanday bosim ta’sir etadi?
181. Vertikal o‘qda gorizontal shtanga o‘rnatilgan. Bu shtanga bo‘ylab hech qanday ishqalanishsiz bir-biriga uzunligi l bo‘lgan ip bilan bog‘langan va massalari m_1 va m_2 bo‘lgan ikki yuk siljishi mumkin. Sistema ω burchakli tezlik bilan aylana oladi. Muvozanat holatda bo‘la turib yuklar o‘qdan qanday masofada joylashadilar? Ipning taranglik kuchi T qanday bo‘ladi?
182. Qiyalik burchagi α bo‘lgan qiya tekislik chetida jism yotibdi. Tekislik ω burchakli tezlik bilan vertikal o‘q atrofida bir tekis aylanmoqda. Jismdan tekislikni aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofa R ga teng. Aylanayotgan qiya tekislik ustida jism turib qolishi uchun eng kichik ishqalanish koffitsiyenti μ ni toping.
183. Agar υ=90 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobilni aylana yoyi ko‘rinishiga ega bo‘lgan qavariq ko‘prikni eng yuqori nuqtasida ko‘rsatayotgan bosimi ikki barobar kamaygan bo‘lsa, ko‘prikning egrilik radiusi topilsin.
184. Velosipedchining og‘ish burchagi 60^o va tezligi υ=25 km/soat bo‘lsa, u qanday radiusli aylana bo‘ylab harakatalana oladi?

185. Mototsiklchi gorizontal yo‘lda υ=72 km/soat tezlik bilan harakatlanib buriladi, bunda egrilik radiusi 100 m ga teng. Mototsiklchi yiqilib ketmasligi uchun qanchaga og‘ishi kerak?

186. Ip bilan bog‘langan ikki jism tekis gorizontal tekslikda bir xil burchakli tezliklar bilan harakatlanishi uchun ularni massalarini nisbati $\frac{m_1}{m_2}$ qanday bo‘lishi kerak? Aylanish o‘qi bog‘lanish ipini 1:3 nisbatda bo‘ladi.

187. Rezinkali shnurga bog‘achi m massali tosh gorizontal tekislikda n chastota bilan aylanmoqda. Shnur vertikal bilan α burchak hosil qiladi. Cho‘zilmagan shnurning uzunligi l_o ni toping, agar uning uzunligini l gacha cho‘zish uchun F kuch talab etilsachi?

188. Chelakdan suv to‘kilmasligi uchun uning vertikal tekislikda qanday minimal burchakli tezlik bilan aylantirish zarur? Suv sirtidan aylanish markazigacha bo‘lgan masofa l ga teng.

189. Devorining og‘ish burchagi $\alpha=60^o$ diametri D=20 sm va shakli kengayib boruvchi kesik konus bo‘lgan idish vertikal o‘q atrofida aylanmoqda. Idishning tubida joylashgan sharcha idish qanday burchakli tezlik bilan aylantirilganda undan chiqib ketadi? Ishqalanish e’tiborga olinmasin.

190. Radiusi R=2 m bo‘lgan sfera 30 ayl/min, tezlik bilan o‘z simmetriya o‘qi atrofida tekis aylanmoqda. Sfera ichida massasi m=0.2 kg bo‘lgan sharcha joylashgan. Sharchani sferaga nisbatan muvozanat holatiga mos keluvchi h balandlik va shu holatda sferaning reaksiyasi N topilsin.

191. Egrilik radiusi R=2 m bo‘lgan va gorizontal tekislikda joylashgan trubadan suv oqmoqda. Suvning trubani yon sirtiga ko‘rsatuvchi bosimini toping. Trubaning diametri d=20 sm. trubaning ko‘ndalang kesim yuzasidan har soatda m=30 t suv oqadi.

192. Suyuqlik solingan idish vertikal o‘q atrofida n=2 1/s chastota bilan aylanmoqda. Suyuqlik sirti voronka ko‘rinishiga ega. Aylanish o‘qidan r=5 sm da joylashgan nuqtalarda suyuqlik sirtining og‘ish burchagi topilsin.

193. Akrobat mototsiklda radiusi r=4 m bo‘lgan "o‘lik sirtmog‘i" ni bajarmoqda. Sirtmoqning eng yuqori nuqtasini akrobat qanday eng kichik tezlik bilan o‘tganda u yiqilib ketmaydi?

194. Massasi m=30 t bo‘lgan reaktiv samolyot υ=1800 km/soat tezlik bilan ekvator bo‘ylab G‘arbdan Sharqqa tomon uchmoqda. Agar samolyot shu tezlik bilan Sharqdan G‘arbga qarab uchsa, ko‘tarish kuchi qanchaga o‘zgaradi?
195. Diametri D=12 m burchak tezligi ω=4.04 rad/s bo‘lgan sentrifugada gorizontal tekislikda aylanayotgan kosmonavt qanday ortiqcha yukni sezadi?
196. Quritish mashinaning radiusi R=30 sm bo‘lgan barabani vertikal o‘q atrofida aylanmoqda. Agar massasi m=200 g bo‘lgan mato baraban devoriga F=950 N kuch bilan bosayotgan bo‘lsa u qanday chastota bilan aylanmoqda?
197. Biror bir planetaning ekvatorida qutbiga nisbatan jismlar ikki barobar kichik og‘irlikka ega. Planeta moddasining zichligi $\rho=3\cdot10^3$ kg/m^3. Planetaning o‘z o‘qi atrofidagi aylanish davrini aniqlang.
198. Evkatorida qutbiga nisbatan prujinali tarozi 10% kam ko‘rsatadigan planetaning o‘rtacha zichligi topilsin. Planetada bir sutka T=24 soatga teng.
199. Yer ekvatorida jismlar vaznsiz bo‘lishi uchun bir sutka necha soatga teng bo‘lishi kerak?
200. Agar qutbda ekvatorga nisbatan jism og‘irligi ikki barobar katta bo‘lsa, sharsimon planetaning zichligi topilsin. Planetaning o‘z o‘qi atrofidagi aylanish davri T=2 soat 40 min ga teng.

2-MAVZU
QATTIQ JISMNING HARAKAT KINEMATIKASI VA DINAMIKASI

Nazorat savollar.

1. Qattiq jismni aylanish o‘qiga nisbatan aylanma harakatini asosiy kinematik haraktyeristikalari (burchakli siljish, burchakli tezlik, burchakli tezlanish, davr va aylanish chastotasi)ni ta’riflang.

2. Ilgarilanma va aylanma harakatlarning kinematik xarakateristikalari bir-biri bilan qanday bog‘langan?
3. Aylanma harakatni asosiy dinamik harakatyeristikalari (inersiya momenti, kuch momenti, jismning impuls momenti, kuchning impuls momenti) nimaga bog‘liq?
4. Aylanma harakat dinamikasini asosiy qonunlarini ta’riflang, ularga kiruvchi fizik kattaliklarni tushuntirib bering.
5. Burchakli tezlik, burchakli tezlanish, kuch momenti, Impuls momenti vektorlarining yo‘nalishi qanday aniqlanadi?
6. Ilgarilanma va aylanma harakatlar xarakatyeristikalari va qonunlari orasidagi o‘xshashlikni ko‘rib chiqing.
7. Aylanish o‘qi parallel ko‘chirilganda jismning inersiya momenti qanday aniqlanadi?

Masalalarni yechish uchun uslubiy ko‘rsatmalar

Qattiq jismning aylanma harakat mexanikasi bo‘yicha masalalar yechish metodikasi ilgarilanma harakat mexanikasi bo‘yicha masalalar yechish metodikasidan prinsipial farq qilmaydi.

Jismning massa markazi harakat dinamikasi uchun $\sum F_i = ma$ va aylanma harakat dinamikasi uchun $\sum M_i = I\beta$ asosiy qonunlar tenglamalari qattiq jismni harakat tenglamalaridir. Ular qattiq jism tekis o‘zgaruvchan harakat qilganda kuch va tezlanishni hisoblashda qo‘llaniladi. Harakat tenglamasi sistemaning har bir jisimi uchun alohida tuziladi.

Masala yechish namunalari

1 - masala.

Radiusi R = 20 sm bo‘lgan disk $\varphi = A + Bt + Ct^3$ tenglamaga binoan aylanmoqda, bunda B = -1 $s^{-1.}$ C = 0.1 s^{-3}. Disk aylanasini nuqtalarining vaqtni t = 10 s momentidagi normal, tangensial va to‘ liq tezlanishlarini aniqlang.

Yechish.

Aylana bo‘ylab aylanayotgan nuqtaning to‘liq tezlanishini aylana markazi tomon yo‘nalgan normal tezlanish a_n va unga urinma ravishda yo‘nalgan tangensial tezlanish a_τ larning vektor yig‘indisi sifatida aniqlash mumkin $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, yoki skalar ko‘rinishda

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} \ . \tag{1}$$

Tangensial tezlanish burchakli tezlanish bilan quyidagi munosabat asosida bog‘langan $a_\tau = \beta R$, shuningdek $a_n = \omega^2 R$ bo‘lgani sababli (1)-tenglamani

$$a = \sqrt{\beta^2 R^2 + \omega^4 R^2} = R\sqrt{\beta^2 + \omega^4} \tag{2}$$

ko‘rinishda yozish mumkin.

a_n, a_τ, a larni aniqlash uchun ω va β larni bilish kerak; burchakli tezlik ω burilish burchagidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 3Ct^2 \ ,$$

β burchakli tezlanish esa burchakli tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga tengdir.

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = 6Ct \ .$$

Koeffitsiyentlar va vaqtning qiymatlarini qo‘yib, burchakli tezlik va tezlanishlarni aniqlaymiz:

$\omega = (-1+3\cdot0.1\cdot100)\ s^{-1} = 29\ s^{-1}$,

$\beta = (6\cdot0.1\cdot10)\ s^{-2} = 6\ s^{-2}$,

$a_\tau = \beta R = (6\cdot0.2)\ m/s^2 = 1.2\ m/s^2$,

$a = 0.2\ \sqrt{36+29^2} = 168\ m/s^2$.

2-masala.

Gorizontal o‘qqa radiusi R bo‘lgan shkiv o‘rnatilgan. Shkivga shnur o‘rnatilgan bo‘lib, uning bo‘sh uchiga m_1 = 2 kg massali tosh osilgan. M_2 = 10 kg shkiv massasining gardish bo‘ylab tekis taqsimlangan deb hisoblab toshni tushish tezlanishi a ni, shnurning taranglik kuchi T ni va shkivning o‘qqa ko‘rsatadigan bosim kuchi N ni aniqlang.

Yechish.

Shkiv inersiya markazining tezlanishi $a_o = 0$ bo‘lgani va shkiv faqat aylanayotgani sababli harakat tenglamalari quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\text{а) } F_i = 0. \qquad \text{б) } M_i = I\beta. \tag{1}$$

Shkivga og‘irlik kuchi mg, shnurning taranglik kuchi T va uning reaksiya kuchi N ta’sir etadi. O‘qning reaksiya kuchi N son jihatdan shkivni o‘qqa ko‘rsatayotgan bosim kuchiga teng (Nyutonning uchinchi qonuniga binoan). N kuch vertikal ravishda yuqoriga yo‘nalgan, chunki faqat shu holdagina (1) tenglik bajarilishi mumkin. Skalar ko‘rinishda u quyidagicha yoziladi:

$$mg + T - N = 0\,. \tag{2}$$

Shkivni aylantiruvchi taranglik kuchning momenti M = T·R formula yordamida aniqlanishi mumkin bo‘lgani uchun, (1b) tenglik quyidagi ko‘rinishga keladi (bunda R = kuch yelkasi)

$$TR = I\beta\,. \tag{3}$$

Massasi gardish bo‘ylab taqsimlangan shkivni inersiya momenti

$$I = mR^2 \tag{4}$$

formula bilan aniqlangan.

Tushayotgan tosh uchun ham Nyutonning ikkinchi qonunini skalyar ko‘rinishda qo‘llaymiz:

$$m_1 g - T = m_1 a\,. \tag{5}$$

Toshning tezlanishi shkiv gardishidagi nuqtalarning chiziqli tezlanishiga teng bo‘lgani sababli

$$\beta = \frac{a}{R} \tag{6}$$

teng bo‘ladi. (2), (3), (5) tenglamalarga (4) va (6) ni qo‘yib sistema hosil qilamiz:

$$\begin{cases} mg + T - N = 0 \\ m_1 g - T = m_1 a \\ TR = mR^2 \cdot \dfrac{a}{R} \end{cases}.$$

Buni echib, noma’lum kattaliklarni topamiz:

$$a = \frac{m_1}{m_1 + m} g = 1.67 \text{ м/s}^2; \quad T = \frac{m m_1}{m_1 + m} g = 16.67 \text{ Н};$$

$$N = \frac{m(m + 2m_1)}{m \cdot m_1} g = 116 \text{ Н}.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Radiusi 1 m bo‘lgan g‘ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusining burilish burchagini vaqtga bog‘liq tenglamasi $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ ko‘rinishga ega. Uchinchi sekundning oxirida to‘liq tezlanish vektorini g‘ildirak radiusi bilan hosil qiluvchi burchakni toping.
2. Radiusi 1 m bo‘lgan g‘ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusining burilish burchagini vaqtga bog‘liq tenglamasi $\varphi = 20 + 10t - 4t^2$ ko‘rinishga ega. Harakat boshlanishidan 1 s o‘tgach g‘ildirak gardishidagi nuqtalarning to‘liq tezlanishini aniqlang.
3. Nuqtaning radiusi R = 4m aylana bo‘ylab harakati $\varphi = 10 - 2t + t^2$ tenglama bilan ifodalanadi. Vaqtning t = 2 s momentidagi nuqtani a_τ , normal a_n va to‘liq tezlanishlarini toping.
4. Radiusi 1 m bo‘lgan g‘ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusini burilish burchagining vaqtga bog‘liq tenglamasi $\varphi = 4t + 0.05t^2$ ko‘rinishga ega. Harakat boshlanishidan to‘rtinchi sekundni oxiridagi to‘liq tezlanishni aniqlang.

Variantlar jadvali

Variant raqami	Masalalar raqami				Variant raqami	Masalalar raqami			
1	4	53	101	151	26	21	76	117	153
2	3	52	102	152	27	22	77	118	155
3	2	51	103	154	28	23	78	119	156
4	1	54	104	158	29	24	79	120	157
5	7	55	105	159	30	34	80	127	161
6	5	68	106	160	31	35	81	128	162
7	6	69	107	169	32	36	82	129	163
8	10	67	108	170	33	37	83	130	164
9	8	66	109	173	34	31	84	131	165
10	9	65	110	176	35	32	85	132	166
11	13	56	111	179	36	33	86	133	167
12	11	57	112	180	37	30	87	134	168
13	12	58	113	183	38	44	89	135	171
14	15	59	114	184	39	45	88	136	172
15	14	60	115	185	40	47	98	137	174
16	20	61	116	188	41	48	94	138	175

17	19	62	121	193	42	49	95	142	177
18	16	63	122	195	43	22	96	143	178
19	17	64	123	196	44	40	90	144	181
20	18	72	124	150	45	39	91	145	182
21	25	71	125	196	46	38	92	146	186
22	26	70	156	198	47	41	97	147	187
23	27	73	139	197	48	42	98	148	189
24	28	74	140	194	49	43	99	143	190
25	29	75	141	192	50	45	50	100	191

5. Aylanayotgan g‘ildirakni burchakli tezlanishi ε = 3.14 rad/s^2. Harakat tekis tezlanuvchan bo‘lsa, harakat boshlanishidan so‘ng o‘n marta aylanganda u qanday burchakli tezlikka erishadi?
6. Avtomobil egrilik radiusi R = 50 m bo‘lgan yo‘lning burilishida harakatlanmoqda. Avtomobilning harakat tenglamasi $S = 10 + 10t - 0.5t^2$. Vaqtni l = 5 s momentdagi to‘liq tezlanishini toping.
7. G‘ildirak shunday aylanmoqdaki, uning vaqtga bog‘liq ravishda burilish burchagi $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, tenglama bilan beriladi, bunda B = 1 rad/s, S = 1 rad/s^2 va D = 1 rad/s^3. Agar harakatning ikkinchi sekundini oxirida g‘ildirak gardishida yotgan nuqtalarning normal tezlanishi $a_n = 3.45 \cdot 10^2$ m/s^2 bo‘lsa, g‘ildirak radiusini toping.
8. Qattiq jism qo‘zg‘almas o‘q atrofida $\varphi = At - Bt^3$ qonun bo‘yicha aylanmoqda, bunda A = 6 rad/s, B = 2 rad/s^3. t = 0 dan Qattiq jism to‘xtagunga qadar o‘tgan vaqt oralig‘idagi burchakli tezlik va burchakli tezlanishlarning o‘rtacha qiymatlarini toping.
9. Radiusi 1 m aylana bo‘ylab $S = At + Bt^3$ qonun bo‘yicha aylanayotgan nuqtaning tezligi υ ni va to‘liq tezlanishi a ni toping, bunda A = 8 m/s, B = -1 m/s$^{2.}$ S – aylana bo‘ylab boshlang‘ich deb olingan nuqtadan o‘lchangan egri chiziqli koordinatadir.
10. Nuqta radiusi R = 4m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlanmoqda. Uning harakatining qonuni $x = A + Bt^2$, bunda A = 8 m, B = -2 m/s^2. Vaqtni t = 1.5 s momentdagi nuqtaning tezligini, tangensial va to‘liq tezlanishlarini toping.
11. Nuqta radiusi R = 2 m aylana bo‘ylab $\xi = At^3$ tenglama asosida harakatlanmoqda, bunda A = 2m/s^3. Nuqtaning normal tezlanishi tangensial tezlanishiga teng bo‘lgan momentda uning to‘liq tezlanishi a ni toping. ξ - aylana bo‘ylab boshlang‘ich nuqtadan o‘lchangan egri chiziqli koordinatadir.

12. Radiusi R = 0.3 m bo‘lgan g‘ildirak $\varphi = At + Bt^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda A = 1 rad/s, B = 0.1 rad/s^3. Vaqtning t = 2 s momentda g‘ildirak aylanasidagi nuqtalarni to‘liq tezlanishini aniqlang.
13. Radiusi r = 20 sm bo‘lgan disk $\varphi = At + Bt^2 + Ct^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda A = 3 rad, B = -1 rad/s, S = 0.1 rad/s^3. Vaqtning t = =10 s momenti uchun disk aylanasidagi nuqtalarni tangensial a_τ, normal a_n va to‘liq tezlanishlarini aniqlang.
14. Radiusi 1 m bo‘lgan g‘ildirak shunday aylanmoqdaki, uning radiusini vaqtga bog‘liq ravishda burilish burchagi $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ tenglama ko‘rinishda. G‘ildirak gardishidagi nuqtalar uchun uchinchi sekund oxiridagi to‘liq tezlanishi topilsin.
15. Avtomobil tinch holatdan radiusi R = 75 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakat boshlab, t = 10 s da S = 25 m yo‘l bosadi. O‘ninchi sekundning oxiridagi tangensial a_τ va normal a_n tezlanishlarni toping.
16. Jism qo‘zg‘almas o‘q atrofida $\varphi = A + Bt + Ct^2$ qonun bo‘yicha aylanmoqda, bunda A = 10 rad, B = 20 rad/s, S = -2 rad/s^2. Vaqtning qaysi momentida aylanish o‘qidan r = 0.1 m uzoqlikda yotgan nuqtaning to‘liq tezlanishi 1.65 m/s^2 ga teng bo‘ladi?
17. Nuqtaning radiusi R = 4 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatining tenglamasi $\xi = A + Bt + Ct^2$ ko‘rinishda, bunda A = 10 m, V = -2 m/s, S = 1 m/s^2. Vaqtning t = 2 s momentidagi nuqtani tangensial a_τ, normal a_n va to‘liq a tezlanishlarini toping.
18. Nuqta radiusi R = 1.2 m bo‘lgan aylana bo‘ylab aylanmoqda. Nuqtaning harakat tenglamasi $\varphi = At + Bt^3$ bo‘lib, bunda A = 0.5 rad/s, V = 0.2 rad/s^3. Vaqtning t = 4 s momentidagi nuqtani tangensial a_τ, normal a_n va to‘liq a tezlanishlarini toping.
19. ε = 8.33 rad/s^2 tezlanish bilan gorizontal o‘q atrofida aylana oladigan silindrga ip o‘ralgan. Ipning bo‘sh uchiga yukcha osilib, u qo‘yib yuborildi. Qancha vaqt ichida yukcha tekis tezlanuvchan harakat qilib, h = 1.5 m pastga tushadi?
20. Radiusi R = 0.4 m bo‘lgan g‘ildirak $\varphi = 5 + 4t^2 - t^3$ tenglama asosida aylanmoqda. Vaqtning t = 1 s momentida g‘ildirak gardishidagi nuqtalarni to‘liq tezlanishini toping.
21. Radiusi R = 0.5 m bo‘lgan g‘ildirak $\varphi = At + Bt^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda A = 2 rad/s, V = 0.2 rad/s^3. G‘ildirak gardishida yotgan nuqtani vaqtning t = 3 s momentidagi to‘liq tezlanishini toping.
22. Moddiy nuqta radiusi R = 20 sm bo‘lgan aylana bo‘ylab a_τ = 5 sm/s^2 tangensial tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakatlanmoqda.. Harakat

boshidan qancha vaqt o‘tgach normal tezlanish tangensial tezlanishdan n = 2 marta ortiq bo‘ladi?

23. Qattiq jismning aylanish tenglamasi $\varphi = 3t^2 + t$. Harakat boshidan o‘tgach jismning aylanish sonini, burchakli tezlik va burchakli tezlanishini toping.
24. Tinch holatda turgan moddiy nuqta 0.6 m/s^2 o‘zgarmas tangensial tezlanish bilan aylana bo‘ylab harakatlana boshlaydi. Harakat boshidan beshinchi sekundning oxirida normal va to‘liq tezlanishlari nimaga teng bo‘ladi? Agar aylananing radiusi 5 sm bo‘lsa, nuqta shu vaqt davomida necha marta aylanadi?
25. Disk, uning o‘rtasidan o‘tuvchi o‘q atrofida 180 min^{-1} chastota bilan aylanmoqda. Diskning tashqi aylanasida yotgan nuqtalarni aylanish chiziqli tezligini toping, agar aylanish o‘qiga 8 sm yaqinroq joylashgan nuqtalarni tezligi 8 sm/s bo‘lsachi.
26. Maxovik g‘ildirakni aylanishida uning burchakli tezlanishi $\beta = a - в\omega$ qonun bo‘yicha o‘zgarar edi. Agar tormozlanishdan oldin maxovikni burchakli tezligi ω_0 bo‘lgan bo‘lsa, tormozlanishdan keyin t s o‘tgach u nimaga teng bo‘ladi?
27. Agar turbina lopatkasini chiziqli tezligini vaqtga bog‘liq o‘zgarishi $\upsilon = at + bt^3$ tenglama bo‘yicha bo‘lsa, turbina ishga tushgandan t = 15 s o‘tgach aylanish o‘qidan 1 m uzoqlikda joylashgan lopatkaning burchakli tezlanishini toping.
28. Moddiy nuqta diametri 40 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlanmoqda. Vaqtga bog‘liq ravishda bosib o‘tilgan yo‘lning tenglamasi $S = t^3 + 4t^2 - t + 8$ ko‘rinishda. Harakat boshlangandan so‘ng 4s o‘tgach bosib o‘tilgan yo‘lni, tezlikni, normal, tangensial va to‘liq tezlanishlarni toping.
29. Qattiq jismni harakat tenglamasi $\varphi = 3t^2 + t$ ko‘rinishda. Harakat boshlangandan so‘ng 10 s o‘tgach jismni aylanish sonini, burchakli tezlik va burchakli tezlanishni aniqlang.
30. Radiusi 20 sm aylana bo‘ylab moddiy nuqta harakatlanmoqda. Uning harakat tenglamasi $S = 2t^2 + t$. Vaqtni t = 10 s momentida nuqtaning tangensial, normal va to‘liq tezlanishlari nimaga teng bo‘ladi?
31. Radiusi 20 sm bo‘lgan g‘ildirak qo‘zg‘almas o‘q atrofida tekis tezlanuvchan aylana boshlab, 2s dan so‘ng 5 ayl/min burchakli tezlikka erishadi. Harakat boshlangandan so‘ng 2s o‘tgach tangensial, normal va to‘liq tezlanishlarni aniqlang.
32. Tormozlanuvchi kuchlar ta’sirida maxovik 20 marta aylanishda burchakli tezligini shunchalik kamaytirdiki, uning bir sekundda aylanishlar soni 100 dan 10 tagacha kamaydi. Shu tormozlanishda maxovikning burchakli tezlanishi topilsin. Tormozlanishda maxovikning aylanishi tekis sekinlanuvchan deb hisoblansin.

33. Bir o‘qqa diametrlari 16 va 4 sm bo‘lgan ikki g‘ildirak o‘rnatilgan. Ular 4 s^{-2} o‘zgarmas burchakli tezlanish bilan aylanmoqdalar. Harakat boshlanishidan ikkinchi sekundni oxirida g‘ildiraklar gardishini chiziqli tezliklarini va aylanish burchakli tezligini toping.
34. 360 min^{-1} chastota bilan aylanayotgan maxovikka tormoz kolodkasini bosishdi. Shu momentdan boshlab u 20 s^{-2} tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qiladi. Uning to‘xtashigacha qancha vaqt kerak bo‘ladi? To‘xtaguncha u necha marta aylandi?
35. Nuqta radiusi R = 10 sm bo‘lgan aylana bo‘ylab o‘zgarmas tangensial a_τ bilan harakatlanmoqda. Agar harakat boshlangandan so‘ng beshinchi aylanishni oxirida nuqtaning chiziqli tezligi υ = 10 sm/s bo‘lsa, harakat boshlangandan so‘ng t = 20 s vaqt o‘tgach nuqtaning normal tezlanishi a_τ ni toping.
36. Agar g‘ildirak gardishida yotgan nuqtaning chiziqli tezligi undan g‘ildirak o‘qiga ΔR = 5 sm yaqinroq joylashgan nuqtaning chiziqli tezligidan n = 2.5 marta katta bo‘lsa, aylanayotgan g‘ildirakni radiusi R ni toping.
37. Disk tekis tezlanuvchan aylanib, t = 5 s davomida n = 600 ayl/min aylanish chastotasiga erishdi. Shu vaqt davomida u qanday burchakli tezlanish bilan necha matta aylangan?
38. n = 240 ayl/min chastota bilan aylanayotgan maxovik g‘ildiragi t = 0.5 min vaqt davomida to‘xtaydi. Uning harakatini tekis o‘zgaruvchan deb hisoblab, u to‘xtagunga qadar bajargan aylanishlar soni N ni toping.
39. Val aylanishni tinch holatdan boshlab, birinchi t = 10 s vaqt ichida N = 50 marta aylanadi. Val aylanishini tekis tezlanuvchan deb hisoblab burchakli tezlanishini va oxirgi burchakli tezligini toping.
40. Jismni aylana bo‘ylab aylanishida to‘liq tezlanishi a bilan chiziqli tezligi υ orasidagi burchak $\alpha = 30^o$. $\frac{a_n}{a_\tau}$ nisbatni son qiymati nimaga teng?
41. Ventilyator n_o = 900 ayl/min chastota bilan aylanmoqda. O‘chirilgandan so‘ng ventilyator tekis sekinlanuvchan aylanib, to‘xtaguncha N = 75 marta aylandi. Ventilyatorni o‘chirilishidan uning to‘xtashigacha o‘tgan vaqtni aniqlang.
42. Qo‘zg‘almas o‘qdagi g‘ildirak 0.1 rad/s^2 burchakli tezlanish bilan tekis tezlanuvchan aylana boshlaydi. Harakat boshlangandan so‘ng 2 s o‘tgach aylanish o‘qidan 50 sm masofada joylashgan g‘ildirak nuqtalarini tangensial, normal va to‘liq tezlanishlarini aniqlang.
43. Jism 5 s^{-1} boshlang‘ich burchakli tezlik bilan va burchakli 1 s^{-2} tezlanish bilan tekis tezlanishda aylanmoqda. Jism 10 s davomida necha marta aylanadi?
44. Nuqta radiusi 60 sm bo‘lgan aylana bo‘ylab 10 m/s^2 tangensial tezlanish bilan harakatlanmoqda. Harakat boshlangandan so‘ng uchinchi sekundning oxirida normal va to‘liq tezlanishlar nimaga teng bo‘ladi? Shu

momentda to‘liq va normal tezlanish vektorlarini orasidagi burchak nimaga teng bo‘ladi?

45. Qattiq jismning aylanish tenglamasi $\varphi = 4t^3 + 3t$. Aylanish boshlangandan so‘ng 2s o‘tgach burchakli tezlik va burchakli tezlanishni toping.
46. G‘ildirak tekis tezlanuvchan aylanib harakat boshlagandan so‘ng 10 marta aylanib ω = 20 rad/s burchakli tezlikka erishdi. G‘ildirakni burchakli tezlanishini aniqlang.
47. Ventilator n=900 ayl/min chastota bilan aylanadi. Ventilator o‘chirilgandan so‘ng tekis sekinlashuvchan aylanib, 10s o‘tgach u to‘xtaydi. U to‘xtagunga qadar necha marta aylanadi?
48. Nuqta 0.2 rad/s^2 o‘zgarmas burchakli tezlanish bilan aylana bo‘ylab harakatlanadi. Harakat boshlangandan song qancha vaqt o‘tgach nuqtaning normal tezlanishi tangensial tezlanishidan besh marta ortiq bo‘ladi?
49. Radiusi 30 sm bo‘lgan g‘ildirak qo‘zgalmas o‘q atrofida minutiga 10 marta aylanadi. Vujudga kelgan tormozlovchi moment ta’sirida g‘ildirak to‘xtaydi, shu vaqt ichida, g‘ildirak 30^o ga burilib to‘xtaydi. Tormozlanishni boshlang‘ich momentida g‘ildirak gardishida yotgan nuqtalarni tangensial, normal va to‘liq tezlanishlarini aniqlang. Tormozlanishdagi aylanishni tekis sekinlanuvchan deb hisoblansin.
50. Moddiy nuqta radiusi R = 1 m bo‘lgan aylana bo‘ylab tekis tezlanuvchan harakat boshlab t_1 = 10 s davomida S = 50 m yol bosdi. Harakat boshlangandan so‘ng qancha t_2 vaqt o‘tgach nuqta a_n = 0.25 m/s^2 normal tezlanish bilan harakatlangan?
51. Maxovik tinch holatdan tekis tezlanuvchan aylana boshlab N = 40 marta aylandi, so‘ngra aylanishni o‘zgarmas n = 8 ayl/min chastota bilan davom ettirdi. Maxovikni burchakli tezlanishini va tekis tezlanuvchan aylanish vaqtini aniqlang.
52. Maxovik tekis sekinlanuvchan aylanib, aylanish chastotasini 6.25 s vaqt oraligida n_1 = 10 ayl/s dan n = 6 ayl/s gacha kamaytirdi. Shu vaqt davomida u necha marta aylandi? U qanday burchakli tezlanish bilan aylandi?
53. Gorizontal o‘q atrofida aylana oladigan silindrga ip o‘ralgan. Ipning uchiga yuk bog‘lab, uning pastga tushishiga imkon berildi. Yuk tekis tezlanuvchan harakat qilib t = 3s ichida h = 1.5 m ga pasaydi. Agar silindrni radiusi r = 4sm bo‘lsa, uning burchakli tezlanishi β topilsin.
54. O‘zgarmas n_1 = 100 ayl/s chastota bilan aylanayotgan maxovik tormozlanish natijasida tekis sekinlanuvchan aylana boshlaydi. Tormozlanish tugagach u yana tekis aylana boshlaydi, faqat endi uning chastotasi n = 6 ayl/s ga teng bo‘ladi. Agar tekis sekunlanuvchan harakat davomida maxovik n = 50 marta aylangan bo‘lsa, uning burchakli tezlanishini va tormozlanish vaqtini toping.

55. Radiusi R = 10 sm bo‘lgan disk tinch holatdan $\varepsilon = 0.5$ rad/s^2 o‘zgarmas burchakli tezlanish bilan aylana boshlaydi. Aylana boshlaganadan so‘ng ikkinchi sekundning oxirida disk aylanasidagi nuqtalarning tangensial a_τ, normal a_n va to‘liq a tezlanishlarni toping.
56. Nuqta aylana bo‘ylab tekis tezlanuvchan harakat qilmoqda. Necha marta aylangandan so‘ng normal tezlanish tangensial tezlanishdan 25 marta ortiq bo‘ladi?
57. Agar maxovik gardishida yotgan nuqtalarning tezligi $\upsilon = 6$ m/s, aylanish o‘qiga $\ell = 15$ sm yaqinroq joylashgan nuqtalarning tezligi esa $\upsilon_2 = 5.5$ m/s bo‘lsa, maxovikni radiusi topilsin.
58. Aylanayotgan diskni aylanasidagi nuqtalarni chiziqli tezligi $\upsilon_1 = 3$ m/s. Aylanish o‘qiga $\ell = 10$ sm yaqinroq joylashgan nuqtalarni chiziqli tezligi esa $\upsilon_2 = 2$ m/s. Disk sekundiga necha marta aylanayapti?
59. Moddiy nuqta radiusi R = 1 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakat boshlab, $t_1 = 10$ s ichida S = 50 m yo‘l bosdi. Harakat boshlangandan so‘ng $t_2 = 5$ s o‘tgach nuqta qanday normal tezlanish bilan harakat qiladi?
60. Minutiga 100 marta aylanayotgan maxovik, tormozlovchi moment ta’sirida besh marta aylanib tezligini ikki marta kamaytirdi. Tormozlanish vaqtini toping.
61. Aylanish chastotasi n = 120 ayl/min bo‘lgan maxovik t = 1.5 min ichida to‘xtaydi. Harakatni tekis sekinlanuvchan deb hisoblab, maxovik to‘xtagunga qadar necha marta aylanishini aniqlang.
62. Maxovik gardishida yotgan nuqtalarni chiziqli tezligi 5 m/s, aylanish o‘qiga l = 0.2 m ga joylashgan nuqtalarniki esa 4 m/s. Mahvoik radiusi va uning burchakli tezligini toping.
63. Ventilyator parraklarini burchakli tezligi $\omega = 20$ rad/s. 30 min vaqt ichidagi aylanish soni aniqlansin.
64. Val aylana boshlab birinchi t = 5 s ichida n = 100 marta aylandi. Val aylanishini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, uning burchakli tezlanishini va oxirgi burchakli tezligini aniqlang.
65. Yer sirtini ekvatorida yotgan nuqtalarni chiziqli tezligi υ ni va markazga intilma tezlanishi a_μ ni aniqlang.
66. G‘ildirak n = 60 ayl/s chastota bilan aylanib erkin yiqiladi va yiqilish davomida N = 33 marta aylanadi. Yiqilish davomida n=33 marta aylanadi yiqilish balandligi topilsin.
67. Nuqta aylana bo‘ylab tekis tezlanuvchan harakat qila boshlaydi. Harakat boshidan 0.5 s o‘tgach uning normal va tangensial tezlanishini aniqlang.
68. Yer sirtini Moskva shahri kengligi ($\varphi = 56^o$) da yotgan nuqtalarning chiziqli tezligi υ ni va markazga intilma tezlanishini aniqlang.
69. Patefon diski n = 78 ayl/min chastota bilan aylanmoqda. Agar plastinka N=250 ta ariqchaga ega va radius bo‘ylab ikki chetki ariqchalar orasidagi

masofa S = 6.4 sm bo‘lsa, ninani plastinka chetidan markaz tomon surilishidagi o‘rtacha tezlikni toping.

70. Ikkita qog‘oz diski umumiy gorizontal o‘qqa shunday o‘rnatilganki, ularni tekisliklari o‘zaro parallel bo‘lib, bir-biridan S=30 sm masofada joylashgan. Disklar n = 2000 ayl/min chastota bilan aylantiriladi. Disk o‘qidan R = 12 sm masofada unga parallel harakatlanayotgan o‘q ikkita diskni ham teshib o‘tadi. Disklardagi teshiklar bir-biridan aylana yoyi bo‘yicha o‘lchaganda 6 sm uzoqlikda joylashgan. Disklalar orasidagi o‘qning o‘rtacha tezligi $\langle\upsilon\rangle$ ni toping.
71. Aylanish chastotasi 955ayl/min bo‘lgan elektrodvigatel rotori o‘chirilgandan so‘ng 10 s o‘tgach to‘xtadi. Elektrodvigatel o‘chirilgandan so‘ng rotor harakatani tekis sekinlanuvchan deb hisoblab, uning burchakli tezlanishini va to‘xtagunga qadar necha marta aylanishini toping.
72. A va V vallar A va V ga aylanma harakatni uzatuvchi chiziqli tasma bilan bog‘langan. Yetaklovchi val n_1 = 3000 ayl/min chastota bilan aylanadi. Yergashuvchi val n_2 = 600 ayl/min chastota bilan aylanmog‘i kerak bo‘lgani uchun unga diametri D_2 = 500 mm bo‘lgan shkiv o‘rnatilgan. Yetaklovchi valga qanday diametrli shkiv o‘rnatilishi lozim?
73. Nuqta radiusi R = 8 m bo‘lgan aylana bo‘ylab aylanmoqda. Vaqtning biror momentida nuqtani normal tezlanishi a_n= 4 m/s^2. Bu momentda to‘liq tezlanish vektori $\vec{a}$ normal tezlanish vektori $\vec{a}_n$ bilan α = 60^o burchak hosil qiladi. Nuqtaning tezligi υ ni va tangensial tezlanishi a_τ ni toping.
74. Maxovikni aylanish chastotasi N = 20 marta to‘liq aylanish vaqti davomida no = 1 ayl/s dan n = 5 ayl/s gacha ortdi, maxovikni o‘rtacha burchakli tezlanishini aniqlang.
75. G‘ildirak tekis sekinlanuvchan aylana boshlab, o‘z chastotasini n_o = 300 ayl/min dan n = 180 ayl/min gacha bir minut davomida kamaytirdi. G‘ildirakni burchakli tezlanishini va shu vaqt davomida necha marta aiylanganini toping.
76. Samolyotni havo vintini aylanish chastotasi 1500 ayl/min. 90 km yo‘lni 180 km/soat tezlik bilan uchsa, vint necha marta aylanadi?
77. Soatning minut strelkasi sekund strelkasiga nisbatan uch marta uzunroq. Strelkalar uchini tezliklariga nisbatan aniqlang.
78. Soat strelkasini burchakli tezligi yerni sutkali aylanish burchakli tezligidan necha marta katta?
79. Biror bir jism β = 0.04 s^{-2} o‘zgarmas burchakli tezlanish bilan aylana boshlaydi. Harakat boshlangandan keyin qancha vaqt o‘tgach jismni biror bir nuqtasini to‘liq tezlanishi shu nuqtaning tezlik yonalishi bilan 76^o burchak hosil qiladi?
80. n = 1500 min^{-1} chastota bilan aylanayotgan g‘ildirak tormozlanganda tekis sekinlanuvchan aylana boshlab, 30 sekunddan keyin to‘xtadi.

Tormozlanish boshlangandan to to‘xtaguncha gildirakni burchakli tezlanishi va yilanish sonini toping.

81. Velosiped g‘ildiragi $n = 5\ s^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Ishqalanish kuchi ta’sirida u $\Delta t = 1$ min dan keyin to‘xtaydi. Shu vaqt ichida g‘ildirakni burchakli tezlanishi va aylanishlar sonini aniqlang.
82. Mashina g‘ildiragi tekis tezlanuvchan harakatda aylanmoqda. $N = 50$ marta aylangandan so‘ng uni aylanish chastotasi $n_1 = 4\ s^{-1}$ dan $n_2 = 6\ s^{-1}$ gacha o‘zgardi. G‘ildirakni burchakli tezlanishini toping.
83. Disk $\beta = -2\ rad/s^2$ burchakli tezlanish bilan aylanmoqda. Aylanish chastotasi $n_1 = 240\ min^{-1}$ dan $n2 = 90\ min^{-1}$ gacha o‘zgargunga qadar disk necha marta aylanadi? Bu voqea sodir bo‘lishi uchun qancha vaqt o‘tadi?
84. Aerochananing vinti $n = 360\ min^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Aerochananing ilgarilanma harakat tezligi $\upsilon = 54$ km/soat. Agar vintining radiusi $R = 1$ m bo‘lsa, uning bir uchi qanday tezlik bilan harakatlanadi?
85. Tokar stanogida diametri $d=60$ mm li val yasamoqda. Keskichni ilgarilanma harakati bir aylanishda 0.5 mm. Agar $t=1$ min vaqt davomida valni $l=12$ sm uzunligiga ishlov berilayotgan bo‘lsa, kesish tezligi qanday?
86. Nuqta aylana bo‘ylab $\upsilon=At$ tezlik bilan harakatlanmoqda, bunda $A=0.5\ m/s^2$. Harakat boshlangandan so‘ng nuqta aylana uzunligining 0.1 qismini bosib o‘tgan momentdagi to‘liq tezlanishini toping.
87. G‘ildirak qo‘zg‘almas o‘q atrofida shunday aylanmoqdaki, uning burilish burchagini vaqtga bog‘liq ravishda o‘zgarishi $\varphi = At^2$ qonunga bo‘y-sunadi, bunda $A = 0.2\ rad/s^2$. Agar g‘ildirak gardishidagi nuqtani $t=2.5$ s momentdagi chiziqli tezligi $\upsilon=0.65$ m/s bo‘lsa, uning to‘liq tezlanishini toping.
88. Qattiq jism qo‘zg‘almas o‘q atrofida $\beta=At$ burchakli tezlanish bilan aylana boshlayapti, bunda $A = 2\cdot 10^{-2}\ rad/s^{-2}$. Aylanish boshlangandan keyin qancha vaqt o‘tgach jismni ixtiyoriy nuqtasini to‘liq tezlanish vektori uning tezlik vektori bilan $\alpha = 60^o$ burchak hosil qiladi?
89. Quduq barabani ushlagichi radiusi tros o‘raladigan val radiusidan 3 marta kattadir. Chelakni 20 m chuqurlikdan 20 s davomida chiqarishda ushlagichni tezligi qanday bo‘ladi?
90. Sirkular arra 600 mm diametrga ega. Arra o‘qiga diametri 300 mm bo‘lgan shkiv o‘rnatilgan va elektrodvigatel valiga o‘rnatilgan 120 mm li shkivdan tasmali uzatma orqali aylantiriladi. Agar dvigatel vali 1200 ayl/min chastota bilan aylansa, arra tishlarining tezligi qanday?
91. Radiusi $R=1.5$ m bo‘lgan samolyot parraklari $n=2000$ 1/min chastota bilan aylanmoqda. Samolyotni yerga nisbatan qo‘nish tezligi $\upsilon=152$ km/soat. Parrak uchidagi nuqtaning tezligi qanday?

92. Radiusi R=400 m bo‘lgan poyzd burilish bo‘yicha harakatlanmoqda va uning tangensial tezlanishi $a_\tau = 0.2$ m/s2 ga teng. Poyezdning tezligi υ=10 m/s bo‘lgan momentda uni normal va to‘liq tezlanishlarini toping.
93. Snarad stvol ichida n=2 marta aylanib υ=320 m/s tezlik bilan uchib chiqadi. Stvol uzunligi l=2 m. Snaradni stvol ichidagi harakatini tekis tezlanuvchan deb hisoblab, uni stvoldan uchib chiqish momentdagi o‘q atrofida aylanish burchakli tezligini aniqlang.
94. Aylanayotgan g‘ildirak gardishida yo‘tgan nuqtani to‘liq tezlanish vektori, uni chiziqli tezligi vektori bilan 30^o burchak hosil qilgan momentda nuqtani normal tezlanishi uni tangensial tezlanishidan necha marta kattaligini toping.
95. Radiusi R=20 sm bo‘lgan shkiv, unga o‘ralgan va undan asta-sekin bo‘shayotgan ipga osilgan yuk yordamida aylanma harakatga keltirildi. Boshlang’ich momentda yuk qo‘zg‘almas bo‘lib, so‘ngra esa a=2 sm/s2 tezlanish bilan pastga tusha boshlaydi. Yuk S=1 m yo‘l bosib o‘tgan momentdagi shkivni burchakli tezligini aniqlang.
96. Jism ekvator bo‘ylab yer sirtiga parralel ravishda uchishi uchun unga qanday gorizontal tezlik bermoq lozim? Ekvatorda yerning radiusini R=6400 km, og‘irlik kuchi tezlanishini g=9.7 m/s^2 deb olish mumkin.
97. Barabanga ip o‘ralib, uning uchiga yuk osilgan. O‘z-o‘ziga qo‘yilgan yuk, 5.6 m/s^2 tezlanish bilan pastga tusha boshlaydi. Baraban 1 radian burchakka burilgan momentda, uning gardishida yotgan nuqtalarni tezlanishi aniqlansin.
98. Avtomobil to‘g‘ri yo‘ldan shunday harakat qilmoqdaki, uning tezligi υ=(1+2t) m/s qonun asosida o‘zgaradi. Agar g‘ildirak radiusi R=1 m bo‘lsa, tezlanishli harakat boshlangandan so‘ng t=0.5 s o‘tgach g‘ildirakni vertikal va gorizontal diametrlarini uchlarida yo‘tgan nuqtalarni tezlik va tezlanishlarini aniqlang.
99. Tosh a_τ=5 sm/s^2 o‘zgarmas tangensial tezlanish bilan 2 m radiusi aylanalar chizadi. Beshinchi aylanishni oxirida toshni chiziqli tezligi nimaga teng? Shu momentda uni burchakli tezligi va burchakli tezlanishi qanday bo‘ladi?
100. Nuqta a_τ=5 sm/s^2 o‘zgarmas tangensial tezlanish bilan radiusi R=20 sm bo‘gan aylana bo‘ylab harkat qilmoqda. Harakat boshlangandan so‘ng qancha vaqt o‘tgach normal va tangensial tezlanishlar tenglashadilar?
101. Massasi m=0.3 kg bo‘lgan modiy nuqtani, unga nisbatan r=20 sm masofada joylashgan o‘qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang.
102. Har birini massasi m=10 g bo‘lgan ikkita kichik sharlar bir-biri bilan ingichka vaznsiz uzunligi ℓ= 20 sm bo‘lgan sterjen orqali mahkamlangan. Sistemaning massa markazi orqali o‘tuvchi va sterjenga perpenendikular bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.

103. Massalari m=10 g bo‘lgan uchta kichik sharlar tomonlari a=20 sm ga teng bo‘lgan teng tomonli uchburchak uchlariga joylashtirilib, bir-biri bilan mahkamlangan. Sistemaning uchburchak atrofida chizilgan aylana markazidan o‘tib uchburchak sirtiga perpenendikular bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
104. Uzunligi ℓ=30 sm va massasi m=100 g bo‘lgan ingichka bir jinsli sterjenni unga perpenendikular bo‘lgan va 1) uning chetidan o‘tuvchi, 2) uning o‘rtasidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
105. Uzunligi ℓ =60 sm va massasi 100 g bo‘lgan bir jinsli ingichka sterjenni uning bir uchidan a=20 sm masofada yo‘tgan sterjen nuqtasi orqali o‘tib unga perpenendikular bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.
106. Tomonlari a=12 sm va b=16 sm bo‘lgan simdan yasalgan to‘g‘ri to‘rtburchakni kichik tomonlarini o‘rtasidan o‘tib, to‘rtburchakni sirtida yo‘tgan o‘qqa nisbatan inersiya momentini hisoblab toping. Massa butun uzunlik bo‘ylab bir tekis τ=0.1 kg/m chiziqli zichlik bilan taqsimlangan.
107. Uzunligi L=0.5 m va massasi m=0.2 kg bo‘lgan ingichka to‘gri sterjenni uning bir uchidan ℓ =0.15 m masofada yo‘tgan sterjen nuqtasi orqali o‘tib unga perpenendikular bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti nimaga teng?
108. Sharni uning sirtiga urinma ravishda o‘tkazilgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Sharning radiusi R=0.1 m, uning massasi esa m = 5 kg.
109. Silindrik muftaning uning simmetriya o‘qi bilan mos keluvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Muftaning massasi m=2 kg, ichki radiusi r=0.03 m, tashqi radiusi esa R=0.05 m.
110. Diametri D=12 sm va massasi m=3 kg bo‘lgan silindr gorizontal tekislikda yon sirti bilan yotibdi. Silindrni tekislik bilan kontakt chizig‘i orqali o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.
111. Massasi m=5 kg va radiusi R=0.02 m bo‘lgan valni uning simmetriya o‘qiga parallel bo‘lgan va undan a=10 sm uzoq masofada joylashgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.
112. Radiusi R=0.5 m va massasi m=3 kg bo‘lgan ingichka gardishni, uning diametrini uchidan o‘tib, gardish tekisligiga perpenendikulyar bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti hisoblab topilsin.
113. Massasi m=10 kg va radiusi R=0.1 m bo‘lgan to‘liq sharni, uning og‘irlik markazi orqali o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.
114. Massasi m=0.5 kg bo‘lgan ichi bo‘sh sharning urinmaga nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Sharning tashqi radiusi R=0.02 m, ichki radiusi esa r=0.01 m.
115. Ingichka, uzunligi ℓ bo‘lgan sterjenga radiusi R bo‘lgan shar shunday o‘rnatilganki, uning markazi bilan sterjen uzunligiga perpenendikular bo‘lgan aylanish o‘qigacha masofa ℓ ga teng. Sharni nuqtaviy massa deb

hisoblab, uning inersiya momentini aniqlashdagi nisbiy xatolikni toping. Sterjenning uzunligi ℓ=10 R ga teng, massasi esa sterjen massasidan 10 marta kattadir.

116. Massasi m va radiusi R bo‘lgan yupqa diskda uning markazidan teng a masofalarda r radiusli n ta yumaloq teshiklar kesilgan. Diskni, uning og‘irlik markazi orqali o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.
117. Radiusi R=20 sm va massasi m=100 g bo‘lgan ingichka bir jinsli halqaning uning markazidan o‘tib, halqa tekisligida yo‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
118. Massasi m=50 g va radiusi R=10 sm bo‘lgan halqaning unga urinma bo‘lgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin.
119. Diskni diametri d=20 sm, massasi esa m=800 g. Diskni uni biror bir nuqtasini radiusi o‘rtasidan disk tekisligiga perpenendikular ravishda o‘tkazilgan o‘qqa nisbatan inersiya momentini aniqlang.
120. Massasi m=1 kg va radiusi R=30 sm bo‘lgan, markazi uning o‘qidan ℓ=15 sm uzoqlikda joylashgan bir jinsli diskda, diametriga teng yumaloq teshik kesilgan. Hosil bo‘lgan jism diskni sirtiga perpenendikular bo‘lib, uning markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti topilsin.
121. Massasi m=800 g bo‘lgan yassi bir jinsli to‘g‘ri burchakli plastinaning uning bir tamoni bilan mos keluvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti aniqlansin. Plastinaning massasi uning sirtining yuzasi bo‘ylab σ=1.2 kg/m^2 sirt zichligi bilan taqsimlangan.
122. Tomonlri a=10 sm va b=20 sm bo‘lgan yupqa plastinkani uning massa markazidan o‘tuvchi va katta tomoniga parallel o‘qqa nisbatan inersiya momenti topilsin. Plastinani massasi butun yuzasi bo‘ylab tekis taqsimlangan bo‘lib massa zichligi σ = 1.2 kg/m^2.
123. Qalinligi b=2 mm va radiusi R=10 sm bo‘lgan bir jinsli mis diskni disk sirtiga perpenendikular bo‘lgan simmetriya o‘qiga nisbatan inersiya momenti hisoblansin.
124. Uzunligi ℓ=40 sm va massasi 0.6 kg bo‘lgan ingichka sterjen uning uzunligiga perpenendikular bo‘lib markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida aylanmoqda. Sterjenni aylanish tenglamasi $\varphi = At + Bt^3$, bunda A=1 rad/s, B=0.1 rad/s^3. Vaqtning t=2 s momentidagi aylantiruvchi momenti M ni aniqlang.
125. Asos diametri D=30 sm va massasi m=12 kg bo‘lgan yupqa devorli silindr $\varphi = A + Bt + Ct^3$ qonuniyat bilan aylanmoqda, bunda A=4 rad, B=-2 rad/s, S=0.2 rad/s^3. Vaqtning t=3 s momentidagi silindrga ta’sir kuch momentini aniqlang.
126. Radiusi R=20 sm va massasi m=7 kg bo‘lgan disk $\varphi = A + Bt + Ct^3$ tenglamaga binoan aylanmoqda, bunda A=8 rad, V=-1 rad/s, S=0.1 rad/s^3.

Diskka ta’sir etuvchi aylantiruvchi momentni o‘zgarish qonuni topilsin. Vaqtning t=2s momentidagi kuch momenti aniqlansin.

127. Sterjen uning o‘rtasidan o‘tuvchi o‘q atrofida $\varphi = At + Bt^2$ tenglamaga binoan aylanmoqda, bunda A=8 rad, B=-1 rad/s, S=0.1 rad/s^3. Agar sterjenni inersiya momenti I=0.048 kg·m^2 bo‘lsa, sterjenga ta’sir etuvchi aylantiruvchi moment M ni aniqlang.

128. Radiusi R=10 sm bo‘lgan maxovik gorizontal o‘qqa o‘rnatilgan. Maxovik gardishiga shnur o‘ralib, uning uchiga m=800 g massali yuk osilgan. Yuk tekis tezlanuvchan harakatlanib, t=2s ichida s=160 sm masofa o‘tdi. Maxovikni inersiya momenti aniqlansin.

129. Tinch holatdagi ikkita bir xil maxovikka birday ν=10 ayl/s . Chastotasi berib, ularni o‘z holiga qo‘yib yuborildi. Ishqalanish kuchlari ta’sirida birinchi maxovik bir minutdan so‘ng to‘xtadi, ikkinchi maxovik esa to‘liq to‘xtagunga qadar N=360 marta aylandi. Qaysi maxovikni tormozlovchi momenti katta va necha barobar?

130. Radiusi R=15sm bo‘lgan blok n=12 s^{-1} chastota bilan aylanmoqda. M=1.27 N·m kuch momenti ta’sirida u qancha vaqt ichida to‘xtaydi? Blokning m=6 kg massasini gardish bo‘ylab tekis taqsimlangan deb qaralsin.

131. Uzunligi 1.2 m va massasi 0.3 kg bo‘lgan sterjen uning bir uchidan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida gorizontal tekislikda aylanmoqda. Agar sterjen 9.81 s^{-2} burchakli tezlanish bilan aylanayotgan bo‘lsa, unga ta’sir etuvchi aylantiruvchi moment nimaga teng? Agar aylanish o‘qi sterjenni massa markaziga ko‘chirilsa aylantiruvchi moment qanday o‘zgaradi?

132. Jismga ta’sir etuvchi kuch momenti 9.8 N·m ga teng. Harakat boshidan 10 s o‘tgach jismning burchakli tezligi 4 s^{-1} ga etdi. Jismning inersiya momenti topilsin.

133. Massasi 4 kg bo‘lgan maxovik uning markazidan o‘tuvchi gorizontal o‘q atrofida 720 min^{-1} chastota bilan erkin aylanmoqda. Maxovik massasini, (radiusi 40 sm) uning gardishi bo‘ylab tekis taqsimlangan deb qarash mumkin. Maxovik 30 s dan so‘ng tormozlovchi moment ta’sirida to‘xtadi. Maxovikka ta’sir qiluvchi tormozlovchi momentni va u to‘liq to‘xtagunga qadar aylanishlar sonini aniqlang.

134. Agar radiusi R=0.2 m va massasi m=7.36 kg bo‘lgan bir jinsli disk gardishiga o‘zgarmas F=98.1 N kuch urinma ravishda qo‘yilgan bo‘lsa, u qanday tezlanish bilan aylanadi? Aylanishda diskka M=5 N·m ishqalanish kuch momenti ta’sir etadi.

135. Radiusi R=20 sm va massasi m=5 kg bo‘lgan disk n=8 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Tormozlanishda u 4 s dan so‘ng to‘xtaydi. Tormozlovchi momentni aniqlang.

136. Diametri D=75 sm va massasi m=50 kg bo‘lgan disk ko‘rinishidagi maxovik shkiviga urinma ravishda F=1 kN kuch qo‘yilgan bo‘lsa, t=10 s

dan so‘ng maxovikning aylanish chastotasi topilsin. Shkiv radiusi R=12 sm.

137. Massasi m=50 kg va radiusi R=20 sm bo‘lgan disk n=4 ayl/min chastotagacha aylantirib yuborilib, so‘ng uning o‘zini-o‘ziga qo‘yib qo‘yilgan. Ishqalanish ta’sirida maxovik to‘xtadi. Agar disk to‘liq to‘xtagunga qadar N=200 marta aylangan bo‘lsa, ishqalanish kuch momenti topilsin.
138. Massasi m=50 kg va radiusi R=20 sm bo‘lgan disk n=8 ail/s chastota bilan aylanmoqda. Valning silindrik sirtiga F=40 N kuch bilan tormoz kolodkasi ta’sir etgandan so‘ng t=10 s o‘tgach u to‘xtaydi. Ishqalanish koeffisiyenti topilsin.
139. Massasi m=0.5 kg va uzunligi ℓ =2m bo‘lgan sterjen uchlarining biridan o‘tuvchi o‘q atrofida $\omega = A + Bt$ tenglamaga binoan aylanmoqda. Bunda A=5 rad/s, V=0.2 rad/s^3. Vaqtning t=5s momentida sterjenga ta’sir etuvchi aylantiruvchi moment M ni toping.
140. Radiusi R=10 sm bo‘lgan barabaniga ip o‘ralib, uning uchiga m=0.5 kg massali yuk osilgan. Agar yuk a =1 m/s^2 tezlanish bilan tushayo‘tgan bo‘lsa, barabanning inersiya momenti topilsin.
141. Radiusi R=0.2 va massasi m=15 kg bo‘lgan bir jinsli disk, uning markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida aylanmoqda. Diskni burchakli tezligini vaqtga bog‘liqlik tenglamasi $\omega = A + Bt$ ko‘rinishda, bunda V=8 rad/s^2. Disk gardishiga qo‘yilgan urinma kuchning kattaligi topilsin. Ishqalanishni e’tiborga olmasa ham bo‘ladi.
142. Radiusi R=0.2 m va massasi m=15 kg bo‘lgan bir jinsli disk uning markazi orqali o‘tuvchi o‘q atrofida aylanmoqda. Diskni burchakli tezligini vaqtga bog‘liq tenglamasi $\omega = A + Bt$ ko‘rinishda berilgan, bunda B=1 s^{-1}. Disk gardishiga urinma ravishda qo‘yilgan kuch kattaligini toping. Ishqalanishni e’tiborga olmang.
143. Radiusi R=0.3 m va massasi m=5 kg bo‘lgan bir jinsli silindr $I = At + Bt^3$ tenglama asosida aylanmoqda, bunda A=6 rad/s, B=1 rad/s^3. Vaqtning t=4 s momentdagi kuchlar momenti M ni aniqlang.
144. Uzunligi ℓ =1 m va massasi m=0.5 kg bo‘lgan bir jinsli sterjen uning o‘rtasidan o‘tuvchi gorizontal o‘q atrofida vertikal tekislikda aylanmoqda. Agar sterjenning aylatiruvchi momenti M=9.81·10^{-2} N·m bo‘lsa, u qanday burchakli tezlanish β bilan aylanmoqda?
145. Massasi m=50 va radiusi r=20 sm bo‘lgan disk ko‘rinishdagi maxovik n=480 ayl/min chastotagacha aylantirib yuborilib, so‘ngra o‘z-o‘ziga qo‘yib qo‘yilgan. Ishqalanishni o‘zgarmas deb va maxovik t=50 s dan so‘ng to‘xtagan deb hisoblab, ishqalanish kuchi momenti M topilsin.
146. Diametri d=30 sm va massasi m=6 kg bo‘lgan blok M=1.27 N·m kuch momenti ta’sirida t=8 s ichida to‘xtagan bo‘lsa, u qanday chastota bilan aylangan (blok massasini uning gardishi bo‘ylab tekis taqsimlangan deb hisoblang)?

147. Uchlarining biridan o‘tuvchi o‘q atrofida $\varphi = At + Bt^3$ tenglama asosida aylanuvchi massasi m=0.5 kg bo‘lgan sterjen uzunligi qanday? Bunda A=1 rad/s, B=0.2 rad/s^3. Vaqtning t=5s momentida sterjenga ta’sir etuvchi aylantiruvchi moment M=4 N·m ga teng.
148. Radiusi R=40 sm va massasi m=50 kg bo‘lgan disk gorizontal o‘q atrofida aylanishi mumkin. Bu o‘qqa r=10 sm radiusli shkiv o‘rnatilgan. Shkivga urinma ravishda qo‘yilgan qanday kuch ta’sirida disk t=0.5 s vaqt davomida n=1 ayl/s chastotagacha aylantirib yuboriladi?
149. Yaxlit silindr ko‘rinishdagi val gorizontal o‘qqa o‘rnatilgan . Silindrga shnur o‘ralib, uning uchiga massasi 2 kg bo‘lgan tosh osilgan. O‘z-o‘ziga qo‘yib qo‘yilgan tosh a=2.8 m/s^2 tezlanish bilan pastga tushmoqda. Valning massasi topilsin.
150. Uzunligi ℓ =50 sm va massasi m=400 g bo‘lgan ingichka sterjen uning o‘rtasidan o‘tib, uzunligiga perpenendikular bo‘lgan o‘q atrofida ε=3 rad/s burchakli tezlanish bilan aylanmoqda. Aylantiruvchi moment M topilsin.
151. Diametri D=4 sm bo‘lgan blok orqali o‘tkazilgan ip uchlariga massalari m_1=50 g va m_2=60 g yuklar osilgan. Agar blok yuklarining og‘irlik kuchlari ta’sirida β=1.5 rad/s^2 burchakli tezlanishga ega bo‘lgan bo‘lsa, uning inersiya momenti aniqlansin.
152. Diametri D=60 sm bo‘lgan maxovik gardishiga shnur o‘ralib, uning uchiga m=2 kg massali yuk osilgan. Agar maxovik yukning og‘irlik kuchi ta’sirida tekis tezlanuvchan aylanib t=3s vaqt davomida ε=9 rad/s burchakli tezlikka ega bo‘lgan bo‘lsa, uning inersiya momenti aniqlansin.
153. Gorizontal stol ustida massasi m_1=0.25 kg bo‘lgan aravacha turibdi. Stolning chetiga radiusi R=4 sm bo‘lgan mahkamlangan blok orqali o‘tkazilgan shnurning bir uchi aravachaga bog‘langan. Ikkinchi uchiga esa massasi m_2=25 kg bo‘lgan yuk osilgan. Aravacha va yuk a=70 sm/s^2 tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilmoqdalar. Blokning inersiya momenti topilsin.
154. Agar maxovik shnurning bir uchiga bog‘langan m=2 kg massali yukning og‘irlik kuchi ta’sirida tekis tezlanuvchan aylansa, shnurning ikkinchi uchi esa radiusi R=30 sm bo‘lgan maxovik gardishiga o‘ralgan bo‘lsa, vaqtning uchinchi sekundining oxirida uning burchakli tezligi qanday bo‘ladi? Maxovikni inersiya momenti I=1.82 kg·m^2.
155. Alyuminiy va misdan yasalgan ikkita bir xil o‘lchamli sharlar ularning markazlari orqali o‘tuvchi umumiy qo‘zg‘almas o‘q atrofida bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan holda ε_1=5 rad/s va ε_2=10 rad/s burchakli tezliklar bilan aylanmoqdalar. Agar ular mahkam bog‘lansalar bu ikki shar qanday burchakli tezlik bilan aylana boshlaydilar?
156. Radiusi R=50 sm va massasi m=40 kg bo‘lgan disk ko‘rinishidagi maxovik gorizontal o‘q atrofida aylana olishi mumkin. Bu o‘qda radiusi r=10 sm bo‘lgan shkiv mahkamlangan. Shkivga urinma ravishda F=400 N

boʻlgan oʻzgarmas kuch qoʻyilgan. t=3.14 vaqt oʻtgach maxovik qanday chastotada aylana oladi?

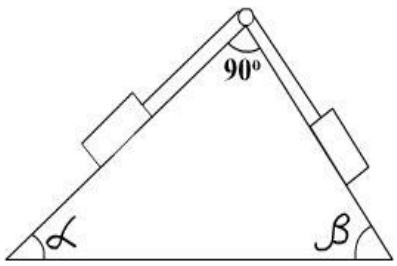
157. Radiusi R=20 sm va inersiya momenti I=0.1 kg·m^2 boʻlgan barabanga shnur oʻralib, uning uchiga m=0.5 kg massali yuk bogʻlangan. Yukning yerdan balandligi h=1 m boʻlsa, u qancha vaqt ichida yerga tushadi?

158. Gʻildirak koʻrinishidagi blok orqali ip oʻtkazilib, uning uchlariga m_1=100 g va m_2=500 g massali yuklar bogʻlangan. M=200 g boʻlgan gʻildirak massasini uning gardishi boʻylab tekis taqsimlangan deb, spitsalar massasini e’tiborga olish kerak emas. Blokni ikki tomonidagi iplarni taranglik kuchlari aniqlansin.

159. Disk shaklidagi blok orqali shnur oʻtkazilgan. Shnur uchlariga m_1=100 g va m_2=120 g massali yuklar bogʻlangan. Agar blokning massasi m=500 g boʻlsa, yuklar qanday tezlanish bilan harakat qiladilar? Ishqalanish e’tiborga olmaslik qadar kichikdir.

160. Radiusi R=0.5 m boʻlgan barabanga shnur oʻralib, uning bir uchiga m=10 kg massali yuk bogʻlangan. Agar yuk a=2.04 m/s^2 tezlanish bilan tushayoʻtgan boʻlsa, barabanning inersiya momenti topilsin.

161. Ikki qiya tekislik, blok va u orqali oʻtkazilgan ip bilan bogʻlangan ikki brusok 15-rasmda koʻrsatilgandek joylashgan. Qiya tekisliklarda ikkala brusoklarni ishqalanish va sirpanish koeffisiyentlari bir xil. Agar brusoklarni ushlab turuvchi kuchni olib qoʻyilsa, u holda ulardan biri ikkinchisini torta boshlaydi va ular 1.4 m/s^2 tezlanish bilan harakat qila boshlaydilar. Blok oʻqidagi ishqalanishni e’tiborga olmaslik mumkin. Ip blok boʻylab sirpanmaydi. Blokning inersiya momenti $1.0\cdot10^{-5}$ kg·m$^{2.}$ radiusi esa 2.5 sm, α=30^o. Har bir brusokni massasi 0.16 kg. Ishqalanish koeffisiyentini toping.



15-rasm

162. Disk shaklidagi blok orqali shnur oʻtkazilgan. Uning uchlariga m_1=100 g va m_2=110 g massali yuklar bogʻlangan. Agar blokning massasi M=400 g boʻlsa, yuklar qanday tezlanish bilan harakat qila oladilar? Blok aylanishidagi ishqalanish juda kichik.

163. Gorizontal ravishda joylashgan silindr uning oʻqi bilan mos boʻlgan oʻq atrofida aylanishi mumkin. Silindrning massasi m_1=12 kg. Silindrga shnur oʻrab, uning uchiga m_2=1 kg massali tosh osilgan. Tosh qanday tezlanish bilan pastga tushadi?

164. Turli ogʻirlikdagi ikki tosh oʻzaro ip bilan bogʻlanib, inersiya momenti I=50 kg·m^2 va radiusi R=20 sm boʻlgan blok orqali oʻtkazilgan. Blok ishqalanish bilan aylanib, ishqalanish kuchining momenti M=98.1 N·m. Agar blok β=2.36 rad/s^2 ga teng boʻlgan burchakli tezlanish bilan aylansa, blokning ikki tamonidagi iplarning tarangliklari T_1 va T_2 larning ayirmasi topilsin.

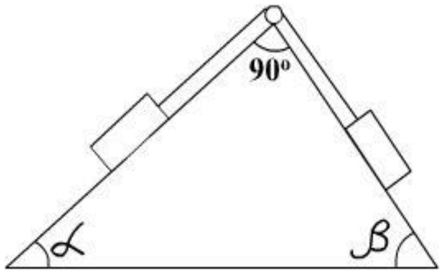
165. Gorizontal stol ustida 0.3 kg massali brusok bor. Bir uchi brusokka bog‘langan shnurning ikkinchi uchi esa stol chetiga mahkamlangan 5 sm radiusli blok orqali o‘tkazilib, unga 50 kg massali yuk osilgan. Yukning og‘irlik kuchi ta’sirida brusok va yuk 10 sm/s^2 ga teng bo‘lgan o‘zgarmas tezlanish bilan harakatlanmoqda. Brusokning stol ustida sirpanishdagi ishqalanish koeffisiyenti 0.15. Blokning inersiya momenti topilsin.

166. Diametri D=75 sm va massasi m=40 kg bo‘lgan disk ko‘rinishdagi maxovikni gardishiga urinma ravishda F=1 kN kuch qo‘yilgan. Agar shkiv radiusi R=12 sm bo‘lsa, kuch ta’sir qila boshlagandan t=10 s vaqt o‘tgach maxovikni burchakli tezlanishi topilsin. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.

167. Radiusi R=40 sm va massasi m=50 kg bo‘lgan disk ko‘rinishidagi maxovik gorizontal o‘q atrofida aylana oladi. Bu o‘qqa radiusi R=10 sm bo‘lgan shkiv o‘rnatilgan. Shkivga urinma ravishda F=5000 N kuch ta’sir etadi. Qancha vaqtdan keyin maxovik n=1 ail/s chastota bilan aylanadi?

168. Radiusi R=3 sm bo‘lgan blok orqali o‘tkazilgan shnur o‘tkazilib, uning uchlariga m_1=100 g va m_2=120 g massali yuklar bog‘langan. Yuklar a=3 m/s^2 tezlanish bilan harakatga keladi. Ishqalanishni e’tiborga olmay, blokning inersiya momenti aniqlansin.

169. Radiusi 10 sm bo‘lgan qo‘zg‘almas blok orqali shnur o‘tkazilib, uning uchlariga har birining massasi m=20 g ga teng bo‘lgan ikkita tosh osilgan. Toshlarning biriga m_1=2 g massali qo‘shimcha yuk qo‘yilgandan so‘ng u pastga tusha boshlaydi, 6 s davomida 1.4 m masofa bosib o‘tadi. Blokning inersiya momenti aniqlansin. Shnurning massasi, havoning qarshiligi va blok o‘qidagi ishqalanish e’tiborga olinmasin.



16-rasm

170. Ikkita qiya tekislik, blok va blok orqali o‘tgan ip bilan bog‘langan ikki aravacha 16-rasmda ko‘rsatilgandek joylashgan. Agar aravachalarni ushlab turuvchi kuchni olib tashlansa, u holda ulardan biri ikkinchisini tortib ketishi mumkin va ular tezlanish bilan harakat qiladilar. Aravachalarga va blok o‘qiga ta’sir etuvchi ishqalanishni e’tiborga olmasa ham bo‘ladi. Blok radiusi 2.5 sm. α burchak 30^o ga teng. Har bir aravachaning massasi 100 g. Aravachalarni harakat tezlanishlari og‘irlik kuchi tezlanishini 1/8 qismini tashkil etadi. Blokni inersiya momenti aniqlansin.

171. G‘ildirak shaklidagi blok orqali ip o‘tkazilib, uning uchlariga m_1=100 g va m_2=300 g massali yuklar bog‘langan. m=200 g bo‘lgan g‘ildirak massasini, uning gardishi bo‘ylab tekis taqsimlangan deb hisoblab, spitsalar massasini e’tiborga olmaslik mumkin. Yuklar qanday tezlanish bilan harakatlanishini toping.

172. $n=12\ s^{-1}$ chastota bilan aylanayo‘tgan blok t=8 s vaqt ichida to‘xtashi uchun unga qo‘yilishi kerak bo‘lgan kuch momenti M ni aniqlang. Blok diametri D=30 sm. m=6 kg bo‘lgan blok massasini uning gardishi bo‘yicha tekis taqsimlangan deb qarash mumkin.
173. Radiusi R=20 sm massasi m=5 kg bo‘lgan disk n=8 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Tormoz berilgandan so‘ng t=4s o‘tgach disk to‘xtadi. Tormozlovchi kuch momenti M topilsin.
174. Massasi M=9 kg bo‘lgan barabanga shnur o‘ralib, uning uchiga m=2 kg massali yuk bog‘langan. Yukning tezlanishi topilsin. Baraban bir jinsli silindr deb hisoblansin. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.
175. Radiuslari 0.4 m va har birining massasi 100 kg bo‘lgan disk ko‘rinishidagi ikki maxovik 480 ayl/min gacha aylantirilib yuborilgan va o‘z-o‘ziga qo‘yib qo‘yilgan. Valning podshipnik bilan ishqalanishi natijasida birinchi maxovik 1 min 20 sek dan so‘ng to‘xtadi, ikkinchi maxovik esa to‘xtagunga qadar 240 marta to‘liq aylandi. Har bir maxovik podshipnigini valga ishqalanish kuchlarini momentini toping va ularni o‘zaro solishtiring.
176. Radiusi R=0.2 m va massasi m=10 kg bo‘lgan maxovik motor bilan tasma orqali bog‘langan. Tasmaning tarangligi o‘zgarmas bo‘lib, T=14.7 N ga teng. Harakat boshidan $\Delta t=10$ s vaqt o‘tgach maxovik sekundiga necha martadan aylanadi? Maxovikni bir jinsli disk deb hisoblansin. Ishqalanishni e’tiborga olmang.
177. Maxovik valining radiusi R=0.01 m. Valga shnur o‘ralib, uning uchiga m=0.2 kg massali yuk bog‘langan. Og‘irlik kuchi ta’sirida yuk t=5 s davomida $h_1=1.2$ m balandlikdan tushadi, so‘ngra esa, g‘ildirakni inersiya bo‘yicha aylanishi tufayli $h_2=0.8$ m balandlikka ko‘tariladi. G‘ildirakni inersiya momenti aniqlansin.
178. Massasi m=10 kg va radiusi R=20 sm bo‘lgan shar, uning markazi orqali o‘tuvchi o‘q atrofida aylanmoqda. Sharni aylanish tenglamasi $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ ko‘rinishga ega, bunda A=5 rad, B=4 rad/s$^{2.}$ S=-1 rad/s^3. Vaqtning t=2 s momentidagi kuchlar momenti kattaligi topilsin.
179. Jism tinch holatdan gorizontal o‘q atrofida, unga o‘ralgan shnurga osilgan yukni pastga tushishi tufayli aylanma harakatga keltiriladi. Agar m=2 kg massali yuk t=12 s davomida h=1 m masofaga tushsa, jismni inersiya momenti topilsin. O‘qning radiusi r=8 mm. Ishqalanish kuchi e’tiborga olinmasin.
180. Massasi m=100 kg va radiusi R=5 sm bo‘lgan aylanayo‘tgan valni silindrik sirtiga F=40 N kuch bilan tormoz kolodkasi bosiladi, natijada val t=10 s dan so‘ng to‘xtaydi. Agar ishqalanish koeffisiyenti K=0.31 ga teng bo‘lsa, val qanday chastota bilan aylanayo‘tgan edi?
181. Maxovik va engil shkiv gorizontal o‘qqa o‘rnatilgan. Shkivga ip bilan bog‘lab qo‘yilgan m massali yuk tekis tezlanuvchan harakatda tusha turib 4s davomida 2m bosib o‘tdi. Maxovikni inersiya momenti 0.05 kg·m^2.

Tushayo‘tgan yukning massasini aniqlang, agar shkivning radiusi 6 sm bo‘lsa, uning massasini e’tiborga olmang.

182. Massasi 6 kg bo‘lib, u 18 sm radiusli gardish bo‘ylab tekis taqsimlangan maxovik valda 600 min-1 chastota bilan aylanmoqda 10 N·m ga teng bo‘lgan tormozlovchi moment ta’sirida maxovik to‘xtadi. Maxovik to‘xtagunga qadar qancha vaqt o‘tadi va u bu vaqt ichida necha marta to‘liq aylanadi?

3- MAVZU
MEXANIKADA SAQLANISH QONUNLARI

Nazorat savollari:

1. Impulsning saqlanish qonunini tushuntiring. U qanday sistemalar uchun o‘rinlidir.
2. Impuls momentini saqlanish qonunining mohiyati nimada? U qanday hollarda bajariladi?
3. Bajarilgan ish kinetik energiya orqali qanday ifodalanadi?
4. Aylanma harakat kinetik energiyasi qanday topiladi?
5. Dissipativ kuchlar nima? Potensial energiya konservativ kuchlar bajargan ishi bilan qanday bog‘lanishda?
6. Energiya va Impulsni saqlanish qonunlarini jismlarni urilishga tatbiqi: jismlar to‘qnashuvi 1) absolut elastik; 2) absolut noelastik bo‘lganda.

Masala yechish uchun uslubiy ko‘rsatma

Mexanikadagi masalalarni ko‘p hollarda dinamika qonunlaridan emas, balki impulsni, impuls momenti va energiyani saqlanish qonunlaridan foydalanib yechish qulaydir, chunki bu qonunlarda sistemani boshlang‘ich va oxirgi holatlari bilan impulsni, impuls momentini va energiyalarni Harakaterlash mumkin. Bu hodisa ta’sirlarni o‘zini ko‘rmasdan turib bu kattaliklarni o‘zgarishini ayniqsa, o‘zgaruvchan kuch momenti ta’sir etganda aylanma harakat tekis o‘zgarmagan hollarini kuzatish imkonini beradi. Bunda to‘la energiya aylanma va ilgarilanma harakat energiyalar yeg‘indisidan iborat bo‘ladi.

Masala yechish namunalari

1-masala.

Ikkita shar parallel iplarga bir-biriga tegadigan qilib osib qo‘yilgan. Birinchi sharning massasi m_1 = 0.2 kg, ikkinchisiniki m_2 = 0.1 kg. Birinchi sharni og‘irlik markazi h = 4.5 sm balandlikka ko‘tariladigan qilib og‘dirilgan va qo‘yib yuborilgan. To‘qnashuvlar: 1) elastik, 2) noelastik bo‘lganda sharlar qanday balandlikka ko‘tariladi?

Yechish:

1- hol. Absolut elastik urilish uchun impulsni va energiyani saqlanish qonunlarini shu sharlar sistemasiga tatbiq etamiz:

$$m_1\upsilon_1 = m_1u_1 + m_2u_2\,, \qquad (1)$$

$$\frac{m_1\upsilon_1^2}{2} = \frac{m_1u_1^2}{2} + \frac{m_2u_2^2}{2}\,, \qquad (2)$$

bu yerda, υ_1, υ_2 – sharlarning urilishgacha bo‘lgan tezliklari (masala shartiga ko‘ra $\upsilon_2 = 0$), $u_{1.}$ u_2 – sharlarning urilishdan keyingi tezliklari.

Sharlarni tezliklarini ularni ko‘tarilish balandligi h_1 va h_2 orqali ifodalab olamiz. Mexanik energiyaning saqlanish qonuniga asosan sharlarni eng pastki nuqtadagi kinetik energiyasi sharlarni eng yuqori ko‘tarilgandagi potensial energiyasiga tengdir.

$$\frac{m_1\upsilon_1^2}{2} = m_1gh\,; \qquad \frac{m_1u_1^2}{2} = m_1gh_1\,; \qquad \frac{m_2u_2^2}{2} = m_2gh_2\,,$$

bu yerdan $\upsilon_1 = \sqrt{2gh}$; $u_1 = \sqrt{2gh_1}$; $u_2 = \sqrt{2gh_2}$.

Bu ifodalarni (1) va (2) formulaga qo‘yib quyidagilarni yozamiz:

$$m_1\sqrt{2gh} = m_1\sqrt{2gh_1} + m_2\sqrt{2gh_2}\ . \qquad (1')$$

$$m_1gh = m_1gh_1 + m_2gh_2\,, \qquad (2')$$

bularni quyidagicha o‘zgartirib yo‘zib olamiz:

$$m_1\sqrt{2h}(\sqrt{h} - \sqrt{h_1}) = m_2\sqrt{2gh_2}\,, \qquad (1'')$$

$$m_1g(h - h_1) = m_2gh_2\,, \qquad (2'')$$

bundan (2") ni (1") ga bo‘lamiz

$$\sqrt{h_2} = \sqrt{h_1} + \sqrt{h}\,. \qquad (3)$$

(3) ni (1") ga qo‘yamiz:

$$h_1 = h\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)^2 \qquad (4)$$

(2") va (4) lardan foydalanib:

$$h_2 = 4h\left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right)^2. \qquad (5)$$

(4) va (5) formulalarga berilgan son qiymatlarni qo‘yib hisoblab quyidagilarni topamiz:

$$h_1 = 0.005\text{м} \quad \text{va} \quad h_2 = 0.08\text{м}.$$

2- hol. Absolut noelastik urilish uchun sharlarning urilishdan keyingi birgalikdagi tezligini impulsning saqlanish qonunidan topamiz:

$$m_1\upsilon_1 = (m_1 + m_2)u\,. \tag{1}$$

Mexanik energiyani saqlanish qonunidan foydalanib sharlarning umumiy tezligini va ularning ko‘tarilish balandligini topish mumkin:

$$\frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} = (m_1 + m_2)gH\,, \tag{2}$$

ikkinchi tomondan:

$$\frac{m_1\upsilon_1^2}{2} = m_1 gh\,. \tag{3}$$

(2) va (3) dan foiydalanib:

$$u = \sqrt{2g\mathrm{H}} \quad \text{va} \quad \upsilon_1 = \sqrt{2gh}\,. \tag{4}$$

(1) va (4) tenglamalarni birgalikda echib:

$$H = h\left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right) = 0.02 \text{ m.}$$

2-masala.

Vertikal o‘q atrofida aylana oladigan gorizontal platforma chekkasida odam turibdi. Agarda odam plaftorma chekkasidan υ = 2 m/s tezlik bilan yursa platforma qanday ω burchakli tezlik bilan aylanadi? Odamning massasi 80 kg, plaftormaning inersiya momenti I = 100 kg·$m_{2.}$ uning radiusi 2m. Odamni masala shartida moddiy nuqta deb qarash kerak.

Berilgan:

υ = 2 m/s

m = 80 kg

I = 100 kg·m^2

R = 2 m

ω - ?

Yechish:

Odam bilan platforma yopiq sistemani tashkil qiladi, shuning uchun impuls momentini saqlanish qonunini qo‘llash mumkin:

Iω = const.

Harakat boshlangunga qadar L=0(yerga nisbatan). Harakat boshlangandan keyin sistemani impuls momenti odamning impuls momenti $L_1 = m\upsilon R$ va platforma bilan odamni impuls momentlari $L_2 = (I+I_1)\omega$ yig‘indisidan iborat, bu yerda I - platformani inersiya momenti, $I_1 = mR^2$ –odamni platformaning markazidan o‘tuvchi vertikal o‘qqa nisbatan inersiya momenti, $L = L_2$ dan

$$0 = m\upsilon R + (I + I_1)\omega,$$

$$m\upsilon r = -(I + I_1)\omega,$$

$$\omega = -\frac{m\upsilon R}{I + mR^2}.$$

Ushbu formulaga sonlarni qo‘yib:

$$\omega = \frac{80 \cdot 2 \cdot 2}{100 + 80} = \frac{320}{420} = 0.8\ s^{-1}.$$

Yuqoridagi formuladagi minus ishora odam harakati qarama-qarshi tomonga ekanligidan dalolat beradi.

3-masala.

Silindr harkati murakkab bo‘lib, uning massa markazi υ – tezlik bilan ilgarilanma harakat qiladi va massa markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida ω – burchakli tezlik bilan aylanma harakat qiladi. Shuning uchun silindrning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2},$$

ya’ni ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalarini yig‘indisidan iboratdir.

Silindrni og‘irlik markazidan o‘tuvchi o‘qqa nisbatan inersiya momenti

$$I = \frac{1}{2}mR^2, \tag{1}$$

bu yerda, R - silindrning radiusi.

Silindrga mexanik energiyani saqlanish qonunini qo‘llab quyidagilarni hosil qilamiz:

$$W_П = W_K, \tag{2}$$

$$mgh = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}. \tag{3}$$

Ilgarilanma harakat tezligini burchakli tezlik bilan bog‘lanishini

$$\upsilon = \omega R \tag{4}$$

e’tiborga olsak va uni (3) formulaga qo‘yib quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$mgh = \frac{m\upsilon^2}{2} + \frac{mR^2\upsilon^2}{2 \cdot 2 \cdot R^2}; \qquad mgh = \frac{3}{4}m\upsilon^2; \qquad \upsilon = 2\sqrt{\frac{gh}{3}}.$$

Variantlar jadvali

Variant raqami	**Masalalar raqami**				**Variant raqami**	**Masalalar raqami**			
1	4	53	101	151	26	21	76	117	153
2	3	52	102	152	27	22	77	118	155
3	2	51	103	154	28	23	78	119	156
4	1	54	104	158	29	24	79	120	157
5	7	55	105	159	30	34	80	127	161
6	5	68	106	160	31	35	81	128	162
7	6	69	107	169	32	36	82	129	163
8	10	67	108	170	33	37	83	130	164
9	8	66	109	173	34	31	84	131	165
10	9	65	110	176	35	32	85	132	166
11	13	56	111	179	36	33	86	133	167
12	11	57	112	180	37	30	87	134	168
13	12	58	113	183	38	44	89	135	171
14	15	59	114	184	39	45	88	136	172
15	14	60	115	185	40	47	98	137	174
16	20	61	116	188	41	48	94	138	175
17	19	62	121	193	42	49	95	142	177
18	16	63	122	195	43	22	96	143	178
19	17	64	123	196	44	40	90	144	181
20	18	72	124	150	45	39	91	145	182
21	25	71	125	196	46	38	92	146	186
22	26	70	156	198	47	41	97	147	187
23	27	73	139	197	48	42	98	148	189
24	28	74	140	194	49	43	99	143	190
25	29	75	141	192	50	45	50	100	191

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Massasi 10 kg, tezligi υ_1 = 4 m/s bo‘lgan shar massasi 4 kg va tezligi υ_2 = 12 m/s bo‘lgan shar bilan to‘qnashadi. Toqnashishini to‘g‘ri chizik bo‘ylab va noelastik deb ikki hol uchun to‘qnashishdan keyingi tezliklarni toping: a)bir xil yo‘nalishda harakatlanayotgan kichik shar kattasiga yetib oladi va to‘qnashadi; b) sharlar bir-biriga qarama-qarshi harakatlanganda.
2. m_1 = 240 kg massaga ega bo‘lgan lodkada m_2 = 60 kg bo‘lgan odam turibdi. Lodkaning tezligi υ_1 = 2 m/s. Odam lodkadan gorizontal holda υ= 4 m/s tezlik bilan sakradi (lodkaga nisbatan). Lodkaning harakatini va tezligini

odam sakragandan keyin 2 holat uchun toping: 1) odam qayiqning harakati bo‘yicha sakradi, 2) unga qarama-qarshi tomonga sakradi.

3. Temir yo‘l platformasida to‘p o‘rnatilgan. To‘p bilan platforma massasi m_1 = 15 t. To‘p yuqoriga yo‘l yo‘nalishga $\alpha = 60^o$ burchak ostida o‘q otadi. Agar o‘qning massasi m_2 = 20 kg va tezligi υ_2 = 600 m/s bo‘lsa, platforma qanday υ_1 tezlik bilan harakatlanadi?
4. Massasi m = 10 kg bo‘lgan snaradning trayektoriyasini eng yuqori nuqtasini υ = 200 m/s tezlik bilan egalladi. Bu nuqtada u ikki qismga bo‘linib ketdi. Massasi m_1 = 3 kg bo‘lgan kichik qismi tezligi υ_1 = 400 m/s bo‘lib oldingi yo‘nalishda harakatni davom ettirdi. Ikkinchi, katta qismni ajralishdan keyingi υ_2 tezligi topilsin.
5. Ikkita chang‘i uchuvchilar massalari m_1 = 80 kg va m_2 = 50 kg, bir-biriga qarama-qarshi turib, uzun shnurni o‘ziga tomon tortadi, uning tezligi υ = 1 m/s. Ular qanday U_1 va U_2 tezliklar bilan harakat qiladi? Qarshilik kuchini e’tiborga olmang.
6. O‘t o‘chiruvchi suvni olovga to‘g‘rilaydi. Suvning tezligi υ = 16 m/s. Shlang yuzasi S = 5 sm^2. Brandspoitni ushlab turuvchi o‘t uchiruvchini kuchini toping.
7. Relslarda platforma turibdi, unga gorizontal holda siljimaydigan qurilma qo‘yilgan. To‘pdan o‘q otiladi. O‘qning massasi m_1 = 10 kg. Uning tezligi υ=1km/s. Platformani o‘q bilan birga massasi $M = 2\cdot10^4$ kg. Agar ishqalanish koyeffitsiyenti μ = 0.002 bo‘lsa platforma qancha masofaga siljiydi?
8. Stvolining massasi m_1 = 500 kg bo‘lgan to‘p gorizontal yo‘nalishda otadi. Snaradning massasi m_2 = 5 kg va uning boshlang‘ich tezligi υ_o = 460 m/s. O‘q otilgandan keyin stvol orqaga S = 40 sm masofaga siljiydi. O‘rtacha tormozlanish kuchi F topilsin.
9. Harakatlanuvchi m_1 massali jism m_2 massali tinch turgan jismga uriladi. Markaziy elastik urilishda 1-jismning tezligi 1.5 marta kamayishi uchun, m_1/m_2 nisbati nimaga teng bo‘lishi kerak?
10. Tinch turgan vodorod atomi bilan geliy atomi elastik urilganda geliy atomining tezligi qanchaga kamayadi? Vodorod atomining massasi geliy atomining massasidan 4 marta kam.

11. Sharcha devorga $m = 200$ g tezlik bilan urildi va shu tezlik bilan qaytdi. Sharchaning tezligi $\upsilon = 10$ m/s. Agar sharcha devor tekisligiga $\alpha = 30^o$ ostida urilgan bo‘lsa, devordan olingan impuls hisoblansin.
12. $m_1 = 2$ kg bo‘lgan gorizontal uchayotgan o‘q massasi $m_2 = 10^3$ kg bo‘lgan platformadagi qumga kelib tushadi va botib qoladi. Agar platforma $\upsilon = 1$ m/s bilan harakat qilgan bo‘lsa, o‘q qanday tezlik bilan uchib kelgan?
13. Massasi $m = 250$ g, tezligi $v= 50$ m/s bo‘lgan koptok vertikal devorga elastik urilib orqaga qaytadi. Devor $\rho = 2.2$ kg·m/s impuls qabul qiladi. Tushish burchagi va koptokka berilgan kuch topilsin. Urilish vaqti $\Delta t = 0.02$ s deb olinsin.
14. Molekula $\alpha = 60^o$ burchak ostida $\upsilon = 400$ m/s tezlik bilan devorga elastik urilib qaytadi. Devordan olingan kuch Impulsini aniqlang. Molekula massasi $m = 3 \cdot 10^{-23}$ g.
15. O‘q massasi $m_1 = 2$ kg, $\upsilon_1 = 300$ m/s tezlik bilan nishonga tushadi. Uning massasi $m_2 = 100$ kg. O‘q tushgandan keyin nishon qaysi yo‘nalishda va qanday υ tezlik bilan harakatlanadi? 2 xil hol uchun: 1) nishon tinch holatda, 2) nishon o‘q bilan bir xil yo‘nalishda $\upsilon_2 = 72$ km/soat tezlik bilan harakatlanadi.
16. O‘q massasi $m_1 = 2$ kg, $\upsilon_1 = 300$ m/s tezlik bilan qumli nishonga tushadi. Uning massasi $m_2 = 100$ kg. Agar nishon o‘qqa yuzma-yuz $\upsilon_2 = 72$ km/soat tezlik bilan harakatlanib kelayotgan bo‘lsa, o‘q tushgandan keyin nishon qanday tezlik bilan va qaysi yo‘nalishda harakatlanadi?
17. Gorizontal $\upsilon = 600$ m/s tezlik bilan uchib ketayotgan o‘q 2 ta zarraga ajralib ketadi. Zarralardan birining massasi ikkinchisidan 2 marta katta. M katta bo‘lgan zarracha vertikal yerga tushadi, m kichigi esa gorizontga $\alpha = 60^o$ ostida tushadi. Ikkinchi zarrachaning υ_2 tezligi topilsin.
18. Massasi $m = 20$ kg, boshlang‘ich tezligi $\upsilon_o = 200$ m/s va gorizont bilan $\alpha= = 60^o$ burchakni tashkil qilgan (snaryad) o‘q uchib bormoqda. U eng baland cho‘qqiga ko‘tarilganda nishonga tegdi va $t = 0.02$ s da tezligini to‘la yo‘qotdi. O‘rtacha to‘qnashuv kuchi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
19. Massasi 10g bo‘lgan po‘lat sharcha 1 m balandlikdan po‘lat plita ustiga tushib 0.8 m masofaga sakrab ketdi. Shar Impulsining o‘zgarishini toping.

20. Massassi 250g bo‘lgan raketani 50g portlovchi moddasi bor. Agar portlovchi modda birdaniga portlaydi deb faraz qilsak, bu holda hosil bo‘lgan gazning tezligi 300 m/s bo‘ladi. Raketaning eng yuqori ko‘tarilgan holatdagi potensial energiyasi topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
21. Gorizontal tekislikda υ_1 = 3 m/s tezlik bilan harakatlanayo‘tgan aravacha ustida odam turibdi. Odam aravacha harakati yo‘nalishiga teskari bo‘lgan tomonga sakradi. Bu holda aravachaning tezligi ortib υ_1 = 4 m/s bo‘lib qoladi. Odamning aravachaga nisbatan sakrashdagi tezlikni gorizontal tashkil etuvchisi υ_2 ni toping. Aravachaning massasi m_1 = 210 kg , snaryadning massasi m_2 = 70 kg.
22. Temir yo‘l platformasiga qattiq o‘rnatilgan pushkadan temir yo‘l bilan α= = 30^o hosil qiladigan qilib o‘q uzildi. Agarda snarad υ_1 = 430 m/s tezlik bilan otilib chiqsa platformani orqaga qaytib yurish tezligi υ_2 topilsin. Platformani pushka va snarad bilan birgalikdagi massasi m_1 = 18 kg, snaryadning massasi m_2 = 60 kg.
23. Massalari bir xil m = 200 kg dan (qayiq, yuk va odamlarni massalari kiradi) bo‘lgan ikkita qayiq bir-biriga qarab bir xil tezlik bilan harakatlanmoqda. Qayiqlar tenglashganda biridan ikkinchisiga va ikkinchisidan birinchisiga bir xil massali m_1 = 20 kg yuk irg‘itilgan. Yuk qo‘yilgandan keyingi qaiyiqlarning tezligi υ_1 va υ_2 topilsin.
24. Massasi m = 300 g va tezligi υ = 8 m/s bo‘lgan sharcha devorga 30^o burchak ostida kelib urilganda devorning olgan impulsi hisoblansin. Devorga bo‘lgan urilish elastik deb hisoblansin.
25. Uzun taxtaga engil g‘ildiraklar o‘rnatilib aravacha qilingan. Taxtaning bir uchida odam turibdi. Uning massasi m_1 = 60 kg. Agar odam taxtada (taxtaga nisbatan) υ = 1 m/s tezlik bilan harakat qilsa, taxta polga nisbatan qanday tezlik bilan harakatlanadi? Ishqalanish kuchi va g‘ildirakning massasi e’tiborga olinmasin.
26. υ = 400 m/s tezlik bilan harakatlanayo‘tgan snarad ikkiga bo‘linib ketdi. Snarad massasini 40% tashkil qiladigan kichik massali bo‘lakcha tezligi u_1 =150 m/s bo‘lgan tezlik bilan harakat yo‘nalishiga teskari tomon harakatlandi. Katta massali burchakning tezligi u_2 topilsin.
27. Qayiq uchida turgan odam qayiqning oxiri tamon yuradi. Agarda qayiqning massasi m = 120 kg, odamning massasi m = 60 kg, qayiqning uzunligi 3m

bo‘lsa, qayiq qanday masofaga siljiydi? Suvning qarshiligi e’tiborga olinmasin.

28. Yoqilg‘isiz massasi m_1 = 400 g bo‘lgan raketa yoqilg‘i yonishi natijasida h = 125 m balandlikka ko‘tarilgan. Yoqilg‘ining massasi m_2 = 50 g. raketani yonilg‘isi birdaniga hammasi yonadi deb hisoblab, raketadan chiqayotgan gazning tezligini hisoblang.
29. m massali havoda muallaq turgan ayrostatga uzunligi k bo‘lgan arqonli narvon ulangan. Narvonning eng pastida turgan odam arqonni eng tepasiga chiqqanida uning Yerga nisbatan siljishi S = 0.9 m bo‘lsa, odamning og‘irligi qancha bo‘ladi?
30. Uzunligi l = 10 m va massasi m = 400 kg bo‘lgan plot suvda muallaq turibdi. Plot uchlarida turgan va massalari m_1 = 60 kg, m_2 = 40 kg ikkita bola bir xil tezlik bilan bir-biriga qarab yuradi va plotni biror yerida uchrashadi. Plotni qanday masofaga surilgani topilsin.
31. Ikkita jism bir-biriga qarab bir xil tezlik υ = 3 m/s bilan harakatlanadi. To‘qnashishdan keyin esa birgalikda harakatlanadi. v = 1.5 m/s. Bu jismlar massalarining nisbati topilsin. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.
32. Massasi m_1 = 20 t bo‘lgan temir yo‘l platformasi υ_1 = 9 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Platforma ustiga o‘rnatilgan pushkadan, pushkaga nisbatan massasi m_2 = 25 kg, tezligi υ_2 = 700 m/s bo‘lgan snarad otilgan. O‘q otilgandan keyin platformaning tezligi: 1) o‘q platforma harakatlanayotgan yo‘nalishda; 2) o‘q platforma harakatiga teskari yo‘nalishda topilsin.
33. Moddiy nuqtaning harakati $x = 5 - 8t + 4t^2$ tenglama bilan berilgan. Uning massasi m = 2 kg bo‘lsa, t = 2 s dan t = 4 s o‘zgarganda moddiy nuqtaning impulsini va bu o‘zgarishni yuzaga keltiruvchi kuchni toping.
34. Massasi m = 1 kg bo‘lgan moddiy nuqta aylana bo‘ylab υ = 10 m/s tezlik bilan tekis harakat qilmoqda. Davrning to‘rtdan bir qismida, yarim davrda va to‘la bir davr mobaynida impulsni o‘zgarishini toping.
35. Avtomatning massasi m_1 = 3.8 kg, o‘qning massasi m_2 = 7.9 g. O‘q uchun ishlatilgan poroxning masasi m_3 = 16 g, o‘qning avtomatdan uchib chiqish tezligi 715 m/s. Porox gazining tezligi o‘qning uchish tezligining yarmiga teng deb hisoblab, avtomatni orqaga tepkili harakat tezligi topilsin.
36. Massasi m_1 = 750 t bo‘lgan kema ustidagi pushkadan harakat yo‘nalishiga teskari, lekin gorizont bilan α = 60^o burchak ostida o‘q uzilgan. Massasi m =

30 kg bo‘lgan snarad $\upsilon = 10^3$ m/s tezlik bilan otilgan bo‘lsa, kemaning tezligi qanchaga o‘zgargan?

37. Gorizontga nisbatan biror burchak ostida uchirilgan raketa trayektoriyasining eng yuqori nuqtasi h = 400 m da ikki qismga ajralib ketdi. Portlashdan t = 2 s o‘tganda parchaning bir bo‘lagi raketa uchirilgan yerdan S = 1 km masofaga tushgan bo‘lsa, ikkinchi bo‘lagi qanday masofaga tushadi?
38. Massasi M = 1000 kg harakat tezligi υ_1 = 171 m/s bo‘lgan ikki bosqichli raketadan massasi m=400 kg bo‘lgan ikkinchi bosqichi ajralganda uning tezligi υ_2 = 185 m/s ga o‘zgargan. Raketaning birinchi bosqich tezligini toping.
39. Ko‘lda muallaq holda qayiq turibdi. Qayiqning uchida va oxirida baliqchilar o‘tiribdi. Ular orasidagi masofa ℓ=5 m. Qayiqning massasi m=50 kg, baliqchining massasi $m_{1=}$90 kg va m_2=60 kg. Agarda baliqchilar o‘rinlarini almashsalar qayiq qanday masofaga siljiydi, suvning qarshiligi hisobga olinmasin.
40. Massasi m_1 = 120 kg bo‘lgan telejka gorizontal tekislikda inersiya bo‘yicha υ = 6 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Gorizontal tekislikda harakat yo‘nalishi bilan $\alpha = 30^o$ burchak hosil qiluvchi yo‘nalishda massasi m_2 = 80 kg bo‘lgan odam sakrab tushib qolgan. Bu holda telejkaning tezligi υ_1 = 5 m/s gacha kamaygan. Yerga nisbatan sakragan odamning tezligi qanday bo‘lgan?
41. Daryoning ustidagi silliq muz ustida turgan konkilik odam tosh otadi. Tosh t = 2s da S = 20 m masofani o‘tib narigi qirg‘og‘iga etadi. Agar odamning massasi M = 60 kg bo‘lsa, konkichi qanday tezlik bilan harakat qiladi? Ishqalanish e’tiborga olinmasin.
42. Massalari m_1 = 70 kg va m_2 = 80 kg bo‘lgan odamlar g‘ildirakli konkida bir-birini ro‘parasida turibdi. Birinchi odam ikkinchisiga tezligining gorizontal tashkil etuvchisi υ = 5 m/s va massasi 10 kg bo‘lgan yuk otadi. Yukni otgandan keyin birinchi odamni tezligini va ikkinchi odam yukni qabul qilgandan keyingi tezliklari topilsin. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.
43. Massasi m_1 = 9 kg qum solingan yashik υ = 6 m/s tezlik bilan absolut silliq tekislikda harakat qilmoqda. Boshlangich tezligi nolga teng va massasi m_2 = 1 kg bo‘lgan tosh h = 10 m balandlikdan qum ustiga tushadi. Tosh tushgandan keyin yashikning tezligini toping.

44. Massasi M = 350 kg bo‘lgan va havoda muallaq turgan aerostatdan osma arqon yordamida odam tushishi kerak. Odamning massasi 70 kg. Yerdan aerostatgacha bo‘lgan masofa S = 10 m. Odam narvonni oxirgi pog‘onasidan yerga qadam qo‘yish uchun aerostatga qanday minimal uzunlikdagi arqon ulashi kerak?
45. Silliq relsda telejka turibdi. Odam telejkani bir uchidan ikkinchi uchiga o‘tsa, telejka qanday masofaga siljiydi? Odamning massasi m_1 = 60 kg. Telejkaning massasi m_2 = 120 kg, uzunligi ℓ = 3 m.
46. Asosidagi burchagi $\alpha = 45^o$ bo‘lgan qiya tekislikdan massasi m_1= 10 kg va tezligi υ = 1 m/s bo‘lgan qum solingan yashik tushib kelmoqda. Yashikning massasi m_2 = 10 g bo‘lgan, gorizontal uchib kelayotgan o‘q tegsa u to‘xtab qoladi. O‘qning uchish tezligini toping.
47. Asosi bilan hosil qilgan burchagi $\alpha = 45^o$ ponadan h = 20 m balandlikdan massasi m_1 = 0.5 kg bo‘lgan jism tushmoqda. Pona absolut silliq sirtda yotibdi. Jism pona asosiga tushganda pona qanday masofaga siljiydi? Ponaning massasi m_2 = 1.5 kg.
48. Massasi m_1 = 300 g bo‘lgan jism N = 10 m balandlikdan erkin tushadi h = N/2 balandlikda jismga massasi m = 10 g, tezligi 400 m/s bo‘lgan gorizontal uchib ketayotgan o‘q tegib jism ichida qolib ketadi. To‘qnashishdan keyin jism tezligini va tezlikning gorizontal tashkil etuvchisi hosil qilgan burchakni toping.
49. Ikkita qayiq bir-biriga qarab inersiya bo‘yicha parallel yo‘nalishlar bo‘yicha harakatlanmoqda. Qayiqlar tenglashganda biridan ikkinchisiga massasi m = 25 kg yuk olib qo‘yilgan. Shundan keyin yuk qo‘yilgan qayiq to‘xtab qolgan. Yuksiz qayiq esa υ = 8 m/s tezlik bilan harakatni davom ettirgan. Agarda yuk qo‘yilgan qayiyning massasi M = 1 t bo‘lsa, qayiqlar uchrashguncha qanday υ_1 va υ_2 tezliklar bilan harakatlangan?
50. Massasi m_1 = 500 t bo‘lgan poyezd gorizontal yo‘nalish bo‘ylab tekis harakat qiladi. Poyezddan massasi m = 20 t bo‘lgan vagon ajralib qoldi. Poyezdlar to‘xtaganda ular orasidagi masofa S = 500 m bo‘lgan. Agarda harakatga qarshilik qiluvchi kuch og‘irlik kuchiga proporsional bo‘lsa va u harakat tezligiga bog‘liq bo‘lmasa, vagon to‘xtaguncha qancha yo‘l yurgan?
51. Radiusi R = 1.5 m va massasi m_1 =180 kg disksimon platforma inersiya tufayli ν = 10 ayl/min vertikal o‘q bo‘yicha aylanma harakat qilmoqda.

Plaftormani markazida m_2 = 60 kg massali odam turibdi. Agarda odam plaftorma uchiga qarab yursa, xonani poliga nisbatan u qanday chiziqli tezlikka erishadi?

52. Massasi m = 60 g bo‘lgan sharcha uzunligi ℓ_1 = 1.2 sm ipga bog‘langan bo‘lib, gorizontal tekislik bo‘ylab ν_1 = 2 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Sharchani aylanish o‘qiga yaqinlashtirib, ipning uzunligini ℓ_2 = 0.6 m gacha kamaytirilgan bo‘lsa, sharcha qanday chastota bilan aylanadi?
53. Disk shaklidagi R = 1 m radiusli platforma ν = 6 ayl/min chastota bilan aylanma harakat qiladi. Platformani chekkasidagi massasi m = 80 kg bo‘lgan odam turibdi. Agarda odam platforma markaziga o‘tsa, u qanday chastota bilan aylanadi? Platformaning inersiya momenti I = 120 kg·m^2 (odamning inersiya momenti moddiy nuqtasinikiga teng deb olinsin).
54. Jukovskiy skameykasida odam turibdi va massasi m = 0.4 kg bo‘lgan υ = 20 m/s tezlik bilan gorizontal yo‘nalishda kelayotgan to‘pni ilib oldi. To‘pni trayektoriyasi aylanish vertikal o‘qidan l = 0.8 m masofada o‘tadi. Jukovskiy skameykasida turgan, to‘p tutgan odam qanday burchakli ω tezlik bilan aylanadi? Odam bilan skameykani birgalikdagi inersiya momenti I = 6 kg·m^2.
55. Qo‘lida vertikal o‘q yo‘nalishda sterjeN ushlab turgan odam Jukovskiy skameykasida turibdi. Skameyka odam bilan birgalikda ω_1 = 1 ayl/s burchakli tezlik bilan aylanmoqda. Agarda sterjenni gorizontal yo‘nalishga o‘zgartirilsa skameyka odam bilan birga qanday ω_2 burchakli tezlikda aylanadi? Odam bilan skameykani birgalikdagi inersiya momenti I = 6 kg·m^2 . Sterjenning uzunligi l = 2.4 m massasi m = 8 kg.
56. Disksimon platforma inersiya bo‘yicha ν = 15 ayl/min bilan vertikal o‘q atrofida aylanmoqda. Platformaning chekkasida odam turibdi. Odam plftorma markaziga o‘tganda, u ν_2 = 25 ayl/min bilan aylangan. Odamning massasi m = 70 kg. Plftormani M massasi topilsin. Odamning inersiya momenti moddiy nuqtaniki kabi deb olinsin.
57. Radiusi R = 2m bo‘lgan disksimon gorizontal plftorma chekkasida odam turibdi. Platformani m massasi topilsin. Odamni inersiya momenti moddiy nuqtaniki kabi deb olinsin.
58. Diametri d = 2 m bo‘lgan disksimon platforma vertikal o‘q atrofida inersiya bo‘yicha ν_1 = 8 ayl/min chastota bilan aylangan. Odamning inersiya momenti moddiy nuqtaniki deb, platforma massasi m topilsin.

59. O‘z o‘qi atrofida aylana oladigan gorizonatal disk ustiga radiusi R_1 = 50 sm bo‘lgan o‘yinchoq temir yo‘li o‘rnatilgan. Diskning massasi m_1 = 10 kg radiusi R_2 = 60 sm. Tinch turgan diskdagi temir yo‘l ustiga massasi m = 1 kg bo‘lgan o‘yinchoq burama parovoz qo‘yib yuborildi. Parovoz relsga nisbatan υ = 0.8 m/s tezlik bilan harakat qilmoqda. Disk qanday burchakli tezlik bilan harakat qilishi topilsin.

60. Odam Jukovskiy skameykasida o‘tiribdi. Qo‘lida aylanish o‘qiga vertikal holda aylanish o‘qi bo‘ylab joylashgan sterjenni ushlab turibdi. Sterjen uning yuqorigi qismiga joylashgan g‘ildirak uchun o‘q bo‘lib hizmat qiladi. Skameyka qo‘zgalmasdan turibdi, g‘ildirak esa ν=10 ayl/s bilan aylanma harakat qilmoqda. Agarda odam sterjenni 180^o ga o‘zgartirsa, ya’ni g‘ildirak sterjenni pastki uchida bo‘lsa, skameyka qanday burchakli tezlik bilan aylanadi? Odam bilan skameykani birgalikdagi inersiya momenti I = 6 $kg{\cdot}m^{2.}$ g‘ildirakning radiusi R = 20 sm, massasi esa m = 3 kg bo‘lib gardish bo‘yicha teng taqsimlangan.

61. Gorizontal joylashgan disksimon platforma o‘z o‘qi atrofida aylana oladi. Platformada odam turibdi (masalaning shartiga ko‘ra uni moddiy nuqta deb qarash mumkin). Oldiniga odam ham plftorma ham tinch holatda turibdi. Keyin odam plftorma bo‘ylab yurib aylanib yana oldingi yeriga keladigan bo‘lsa, platforma qanday burchakka buriladi. Odamning massasi m = 75 kg platformaning massasi esa M = 100 kg.

62. Odam Jukovskiy skameykasini o‘rtasida turibdi. U bilan birgalikda inersiya bo‘yicha ν_1=0.5 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Aylanish o‘qiga nisbatan odamning inersiya momenti I = 1.6 $kg{\cdot}m^2$. Odam ikkala qo‘lini ikki tomonga uzatgan va qo‘llarida m = 2 kg dan bo‘lgan tosh bor. Toshlar orasidagi masofa ℓ_1 = 1.6 m. Agarda odam qo‘llarini tushirsa, toshlar orasidagi masofa ℓ_2 = 0.4 m. Bu holda odam bilan skameyka sekundiga necha marta aylanadi? Skameykani inersiya momenti hisobga olinmasin.

63. Massasi m = 300 kg va uzunligi l = 50 sm ingichka sterjen markazidan o‘tuvchi, vertikal o‘q atrofida gorizontal tekislik bo‘yicha ω = 10 s^{-1} burchakli tezlik bilan aylanmoqda. Aylanma harakatini ilgarigi tekislikda davom ettirib sterjen shundaiy siljiydiki, bunda aylanish o‘qi sterjen uchiga mos kelib qoladi. Shu ikkinchi holdagi burchakli tezlik topilsin.

64. Odam Jukovskiy stolini o‘rtasida qo‘llarini yoygan holda va qo‘llarida 5 kg dan tosh ushlab turibdi. Toshlar orasidagi masofa l_1 =1.5 m. Qo‘llarini simmetrik ravishda yiqqanda toshlar bilan aylanish o‘qi orasidagi masofa ℓ_2 = 15 sm ga qisqargan va stolning aylanish tezligi o‘zgargan. Qo‘llari yoyilgan odam, stol va toshlarni inersiya momentlari birgalikda $I = 10$ kg·m^2. Agar birinchi holda stol ν_1 = 120 ayl/min chastota bilan aylangan bo‘lsa, ikkinchi holdagi stolning aylanish tezligi topilsin.

65. Disk shaklidagi platforma inersiya bo‘yicha vertikal o‘q atrofida ν_1 = 14 min^{-1} chastota bilan aylanmoqda. Odam platformani chekkasidan markazigacha o‘tganda aylanish chastotasi ν_2 = 25 ayl/min ga o‘zgaradi. Odamning massasi m = 70 kg. Plftorma massasi M topilsin. Odamning inersiya momenti moddiy nuqtaniki kabi deb olinsin.

66. Diametri d = 0.8 m va massasi m_1 = 6 kg bo‘lgan, tinch holatda turgan Jukovskiy stolini chekkasida massasi m_2 = 60 kg bo‘lgan odam turibdi. Agar odam massasi m = 0.5 kg ga teng bo‘lgan va u tomonga uchib kelayotgan to‘pni ilib olsa, stol qanday burchakli tezlik bilan harakatlanadi? To‘pni trayektoriyasi gorizontal va aylanish o‘qidan r = 0.4 m bo‘lgan masofadan o‘tadi. To‘pning tezligi υ = 5 m/s.

67. Odam Jukovskiy stolida turibdi. U qo‘lida aylanish o‘qiga nisbatan vertikal ravishda bo‘lgan sterjenni uchidan ushlab turibdi. Sterjenning yuqorigi qismiga joylashgan g‘ildirakni o‘qi bo‘lib hizmat qiladi. Skameyka qo‘zg‘almasdan turibdi, gildirak esa ν_1 = 15 s^{-1} chastota bilan aylanma harakat qilmoqda. Agarda odam sterjenni 180^o ga o‘zgartirsa, ya’ni g‘ildirak sterjenni pastki uchida bo‘lsa, skameyka qanday burchakli tezlik bilan aylanadi? Odam bilan skameykani birgalikdagi inersiya momenti I = 8 kg·m$^{2.}$ gildirakning radiusi R = 25 sm, massasi m = 2.5 kg va gardish bo‘yicha teng taqsimlangan. Odam bilan sterjenning og‘irlik markazi plftorma o‘qida yotadi deb hisoblansin.

68. Jukovskiy stolida, qo‘lida aylanish o‘qiga vertikal ravishda sterjen ushlab odam turibdi. Odam stol bilan birgalikda ω_1 = 4 s^{-1} burchakli tezlik bilan aylanmoqda. Agarda sterjenni odam gorizontal holatga o‘zgartirsa, qanday ω_2 burchakli tezlik bilan aylanadi? Odam bilan stolni birgalikda inersiya momenti I = 5 kg·m^2. Sterjen massasi m = 6 kg, uzunligi l = 1.8 m. Odam bilan sterjenni og‘irlik markazi plftormani markaziy o‘qi bilan mos keladi.

69. Diametri d = 3m va massasi 180 kg disksimon plaftorma vertikal o‘q atrofida aylanmoqda. Agarda plftorma chekkasidan massasi 70 kg bo‘lgan odam platformaga nisbatan 1.8 m/s tezlik bilan yursa, platforma qanday burchakli tezlik bilan aiylanadi?
70. Disksimon platforma vertikal o‘q atrofidia aylana oladi. Platformani chekkasida odam turibdi. Agarda odam platforma gardishi bo‘yicha yurib yana oldingi yeriga kelsa, platforma qanday burchakka buriladi? Plftormaning massasi 230 kg, odamniki 80 kg. Odamning inersiya momenti moddiy nuqtaniki kabi deb olinsin.
71. Jukovskiy skameykasida (o‘z o‘qi atrofida aylana oladigan kreslo) odam o‘tiribdi. U qo‘lida boshi uzra sterjen ushlab olgan. Sterjenni gorizontal ravishda shunday ushlab olganki, uning aylanish o‘qi stol o‘qi bilan mos keladi. Boshlang‘ich holatda odam va skameyka tinch holatda turibdi. Skameykaning o‘qidagi ishqalanish va havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

    Sterjen o‘rtasidan o‘tadigan vertikal o‘q atrofida odam sterjenni o‘ziga nisbatan 180^{o} ga burilsa, skameyka odam bilan birgalikda qanday burchakka buriladi?. Bu holda odam bilan skameykani birgalikda inersiya momenti 3.6 $kg \cdot m^2$. Sterjenning uzunligi 1.6 m va uning massasi 2.5 kg.
72. Jukovskiy skameykasida odam o‘tiribdi. U qo‘lida boshi uzra sterjen ushlab turibdi. Sterjenni gorizontal ravishda shunday ushlab olganki, uni aylanish o‘qi bilan stolni aylanish o‘qi mos keladi. Boshlang‘ich holatda odam va skameyka tinch holatda turibdi. Skameyka o‘qidagi ishqalinish va havoning qarshiligi hisobga olinmasin. Odam skameyka bilan birgalikda uchdan bir qismga burilishi kerak. Bunday burilish uchun o‘rtasidan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida sterjenni qaysi tomonga va qanday burchakka burish kerak: 1) Yerga nisbatanmi?; 2) O‘ziga nisbatanmi? Odam bilan skameykani birgalikdagi inersiya momenti 3.2 $kg \cdot m^2$. Sterjenning uzunligi 1.6 m, massasi 2.5 kg. Ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.
73. Gorizontal joylashgan disksimon platforma markazidan o‘tuvchi o‘q atrofida aylanma harakat qila oladi. Platformada odam turibdi, masala shartiga ko‘ra uni moddiy nuqta deb olish mumkin. Ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.

    Chekkasida odam turgan platforma minutiga 3 marta aylanib aylanma harakat qilmoqda. Odamni yerga nisbatan tezligi nolga teng bo‘lishi uchun u platforma chekkasidan qaysi tomonga va qanday chiziqli tezlik bilan yurishi lozim? Odamning massasi 75 kg, platforma massasi esa 100 kg, radiusi R=2 m.

74. Chekkasida odam turgan platforma o‘z o‘qi atrofida 2 ayl/min burchakli tezlik bilan tekis aylanmoqda. Agar odam chekkadan markazga o‘tsa, platforma minutiga necha marta aylanadi? Odamning massi 75 kg, platformani massasi esa 80 kg, radiusi 3 m. Odamni moddiy nuqta deb olish mumkin, ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.

75. Boshlang‘ich holda platforma chekkasida turgan odam tinch turibdi. Keyin odam platformani aylanib chiqadi va boshlang‘ich holatiga keladi. Bunda platforma qanday burchakka buriladi? Odamning massasi 75 kg, platformaniki esa 100 kg, radiusi 3 m. Odamni moddiy nuqta deb olish mumkin, ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.

76. Boshlang‘ich holatda platforma uning chekkasida turgan odam bilan tinch turibdi. Keyin odam platforma chekkasidan yurib yerga nisbatan aylana hosil qilgan. Platformaga nisbatan odam necha marta aylangan. Odamning massasi 75 kg, platformaniki 200 kg. radiusi 3 m. Odamni moddiy nuqta deb olish mumkin, ishqalanish kuchlari e’tiborga olinmasin.

77. Gorizontal disk ko‘rinishidagi plftorma markazdan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida aylanma harakat qila oladi. Platforma ustida odam turibdi. Masala shartiga binoan uni moddiy nuqta deb olish mumkin.Ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo‘ladigan energiyani e’tiborga olinmasin. Massasi 60 kg bo‘lgan odam platforma chekkasida 2.5 m/s tezlik bilan harakat qiladi. Agar odam to‘xtab qolsa, platforma qanday davr bilan aylanma harakat qiladi, platformaning massasi 80 kg, radiusi esa 3 m.

78. Chekkasida odam turgan gorizontal disk ko‘rinishidagi platforma avval tinch turgan edi. Keyin odam platforma chekkasi bo‘ylab yuradi va platforma bir to‘la aylangandan so‘ng to‘xtaydi. Odam platformaga nisbatan qanday burilish burchagini o‘tgan? Odam va platforma massalari teng. Odamni moddiy nuqta deb olish mumkin. Ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo‘lgan energiyani e’tiborga olinmasin, platformaning massasi 80 kg, radiusi esa 3 m.

79. 2 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan jismga tezlik yo‘nalishida 2 N kuch ta’sir etadi va 10 s dan keyin jismning kinetik energiyasi 100 j bo‘lgan. Jism massasi topilsin.
80. Pushka stvolining massasi 600 kg, snaradning massasi 10 kg. O‘q otilganda snarad 1.8 mj kinetik energiya oladi. Pushkaning stvoli qanday kinetik energiya olishi hisoblansin.
81. Massasi 250 g pistoletdan massasi 10 g bo‘lgan o‘q 300 m/s tezlik bilan otildi. Pistoletning tepkisi qattiqligi 15 kN/m bo‘lgan prujina bilan stvolga yopishdi. Zatvor o‘q otilgandan keyin qancha masofaga suriladi? Pistolet qattiq (mahkamlangan) o‘rnatilgan.
82. Qiyaligi 14^o bo‘lgan tog‘dan massasi m=120 kg yuk bilan chana sirpanib tushmoqda. Tushish uzunlig S=60 m. Ishqalanish koeffetsiyenti 1.4 . Tushish oxirida chana kinetik energiyasi topilsin.
83. Massasi 10 kg bo‘lgan jism gorizontal tekislikda 39.2 N kuch bilan tortilmoqda. Agarda kuch jismga 60^o burchak ostida ta’sir etsa jism tekis harakat qiladi. Agarda kuch 30^o burchak ostida ta’sir etsa jism qanday tezlanish bilan harakat qiladi?
84. Avtomobilning tortish kuchi yo‘lga nisbatan quyidagi qonun bo‘yicha o‘zgaradi F = D + BS. Kuchning (S1. S2) oraliqda bajargan ishi topilsin.
85. Ikkita jism bir-biriga qarab harakatlanib noelastik urilish hosil qildi. Birinchi jism to‘qnashguncha tezligi 2 m/s, ikkinchisiniki esa 4 m/s ga teng. To‘qnashgandan keyin ikkala jismni birgalikdagi harakat tezligi u = 1 m/s ga teng va yo‘nalishi birinchi jism tezligini yonalishi bilan mos tushadi. Birinchi jismning kinetik energiyasi ikkinchisinikidan necha marta katta?
86. Massasi 5000 kg quroldan massasi 100 kg snarad uchib chiqdi. Uchib chiqishdagi snaradning kinetik energiyasi 7.5 mj. Bu snarad uchib chiqishda qurol qanday “silkinish” kinetik energiyasiga ega bo‘ladi?
87. 1.5 m/s tezlik bilan uchib kelayotgan koptopkni raketka bilan urib 20 m/s tezlik bilan qaytarib yuboriladi. Bunda kinetik energiyaning o‘zgarishi 8.75 j ga teng bo‘lsa, koptokning impulsini o‘zgarishi topilsin.
88. Massasi 2000 kg bo‘lgan temir yo‘l vagoni ulash temiri (bufer) ga 0.2 m/s tezlik bilan kelib uriladi. Bunda har ikkala ulash temirlarining purjinalari 4 sm ga siqiladi. Har ikkala prujinaga ta’sir etuvchi maksimal kuch topilsin.

89. Massasi m bo‘lgan parusli kema shamol yordamida to‘gri chiziqli harakat qilmoqda. Yo‘lning vaqtga bog‘liq funksiyasi $S = At^2 + Bt + C$ ko‘rinishda berilgan. Shamol kuchini 0 dan t gacha vaqt oralig‘ida bajargan ishi topilsin.
90. Massasi $4 \cdot 10^4$ kg vagon 2 m/s tezlik bilan harakatlanib yo‘lning oxirida prujinali amortizatorga urilib to‘xtaydi. Agarda prujinaning bikrlik koeffitsiyenti $2.25 \cdot 10^5$ N/m bo‘lsa, prujina necha sm ga siqiladi?
91. Massasi m=10^3 kg samolyot 1200m balandlikda gorizontal 50 m/s tezlik bilan uchmoqda. Motori o‘chirilgandan keyin u planli uchishga o‘tib yerga qo‘nganda tezligi 25 m/s ga teng bo‘ladi. Bosib o‘tilgan yo‘lni 8 km deb olib samolyotni qo‘nishdagi qarshilik kuchi topilsin.
92. Massasi 10 kg va 600 m/s tezlik bilan uchib kelayotgan o‘q 4 sm yog‘och taxtaga tegib teshib o‘tib, harakatni 400 m/s tezlik bilan davom ettiradi. Taxtani o‘rtacha qarshilik kuchi topilsin.
93. Massasi 2 kg, tezligi 5 m/s shar ro‘parasidan kelayotgan massasi 3 kg va tezligi 10 m/s shar tomon uchib bormoqda. Sharlaning to‘g‘ri chiziq bo‘yicha noelastik urilishidan keyingi kinetik energiya o‘zgarishini toping.
94. Massasi 1 kg jism boshlang‘ich tezligi 2 m/s bilan stol ustida harakatlanmoqda. Stol chetiga borib u stoldan tushib ketadi. Stolning yerdan balabdligi 1 m. Jismning stolga ishqalanish koeffisiyenti 0.1 ga teng. Stol ustida jismning bosib o‘tgan yo‘li 2 m. Jism yerga kelib urilganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori topilsin.
95. Atom massalari 10^{-25} kg va $3 \cdot 10^{-25}$ kg bo‘lgan ikki qismga bo‘linib ketdi. Agarda ularni umumiy kinetik energiyasi 32 kJ bo‘lsa, alohida bo‘laklarning kinetik energiyasi topilsin. Atomni bo‘linishgacha bo‘lgan impulsi va kinetik energiyasi e’tiborga olinmasin.
96. Prujinasining bikirligi 150 N/m bo‘lgan purjinali pistoletdan massasi 8 g bo‘lgan o‘q otilgan. Agarda purjina 4 sm siqilgan bo‘lsa, o‘qni pistoletdan chiqib ketishidagi tezligi topilsin.
97. Atom yadrosi massalari $1.6 \cdot 10^{-25}$ kg va $2.4 \cdot 10^{-25}$ kg bo‘lgan ikki bo‘lakka bo‘linib ketdi. Agarda birinchi bo‘lakning kinetik energiyasi 18 nj bo‘lsa, ikkinchi bo‘lakning kinetik energiyasi topilsin. Yemirilish sodir bo‘lgunga qadar atomning Impulsi va kinetik energiyasi hisobga olinmasin.
98. Massasi 50 G mixning massasi 1 kg bolg‘a bilan devorga qoqayapti. Shunday sharoitda bolg‘ani mixga urishdagi F.I.K. topilsin.

99. Massasi 2 kg bo‘lgan moddiy nuqta biror kuch ta’sirida $x = 10 - 2t + t^2 - 0{,}2t^3$ (m) tenglamaga bo‘ysungan holda harakatlanmoqda. Vaqtning 5s mometiga mos kelgan nuqtaning harakati uchun sarf bo‘layotgan quvvat topilsin.

100. Massasi 5 kg bo‘lgan ballistik mayatnikka 10 g bo‘lgan o‘q tegdi va ichida qolib ketdi. Agarda mayatnik 10 sm ga siljigan bo‘lsa o‘qning uchish tezligi topilsin.

101. Massalari 10 kg va 15 kg bo‘lgan ikkita yuk 2 m ipga bir-biriga tegib turadigan qilib osib qo‘yilgan. Massasi kichik yukni 60^o burchakka ko‘tarib qo‘yib yuborilganda ikkala yuk to‘qnashib noelastik urilish hosil qiladi. Bu holda birgalikda qanday balanlikka ko‘tariladi?

102. Massasi 10 g, tezligi 600 m/s bo‘lgan o‘q gorizontal ravishda uchib borib, osib qo‘yilgan yo‘g‘och g‘o‘laga urilib, unga 10 sm kirib ichida qolib ketdi. Yo‘g‘ochning o‘qqa bo‘lgan qarshilik kuchi topilsin.

103. Massasi 103 kg bo‘lgan avtomobil motori o‘chirilgan holda tog‘dan o‘zgarmas 54 km/soat tezlik bilan tushmoqda. Tog‘ning qiyaligi har 100 m ga 4 m ni tashkil qiladi. Avtomobil shunday o‘zgarmas tezlik bilan yuqoriga ko‘tarilishi uchun qanday quvvatga ega bo‘lishi kerak.

104. Konkiychi tezligini υ ga yetkazib, muzli qiyalikka ko‘tarilmoqda. Agar konkini muz bilan ishqalanish koeffitsiyenti κ bo‘lsa va qiyalik gorizont bilan α burchakni tashkil qilsa, konkichi qanday H balandlikka ko‘tariladi?

105. Massasi 5 kg bo‘lgan bolg‘a bilan temir bo‘lagi temir taglikda pachoqlanmoqda. Temir taglikning ustidagi temir bo‘lagi bilan birgalikdagi massasi 100 kg. Urilish noelastik. Bolg‘ani yuqoridagi shartlar bajarilganda F.I.K. hisoblansin.

106. Massasi 2 kg yukni tik yuqoriga 1 m masofaga o‘zgarmas kuch bilan ko‘tarilganda 78.5 j ish bajarilgan. Yuk qanday tezlanish bilan ko‘tariladi

107. Massasi 0.5 kg bo‘lgan jism massasi 1 kg bo‘lgan, lekin bikrligi 980 n/m prujina bilan mahkamlangan taglikka 5 m/s tezlik bilan tushsa, prujinani eng ko‘p siqilishi qanday miqdorda bo‘ladi? Urilish noelastik deb olinsin.

108. Massasi 5- kg bo‘lgan konkichi to‘xtagunga qadar 25 s da 60 m masofani o‘tdi. Harakat tekis sekinlanuvchan bo‘lgan bo‘lsa konkichi sarflagan quvvat topilsin.

109. Suv osti qanotlari bo‘lgan kemaning tezlanishi $a = D + BS + CS^2$ tenglama bilan berilgan. Uning massassi M. Kemaning ($S_1.S_2$) oraliqdagi masofani o‘tishda bajargan ishi topilsin.
110. 10 cm balandlikdan 1 kg massali yuk tarozi pallasiga qanday tezlanish bilan tushadi? Tarozi pallasi muvozanatga kelganida 0.5 sm pasayady.
111. 20 kg massali po‘lat sharcha 1 m balandlikdan po‘lat taglik ustiga tushib yana 81 sm balandlikka sakradi. Urilish sodir bo‘lganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori topilsin.
112. Massasi 5 kg bo‘lgan jism massasi 2.5 kg bo‘lgan jismga kelib urilganda u 5 j kinetik energiya bilan harakatga keladi. Urilishni markaziy va elastik hisoblab birinchi jismning oldin va keyingi kinetik energiyasi topilsin.
113. Gorizont bilan 60^0 qiladigan qilib yuqoriga tosh otilgan. Boshlang‘ich payitdagi toshning kinetik energiyasi 20 j. Tosh trayektoriyasining eng yuqori nuqtasida potensial va kinetik energiyalar topilsin Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
114. m_1 massali jism m_2 massali jism bilan absolut noelastik to‘qnashganda yo‘qotilgan kinetik energiya qismi topilsin.
115. Massasi m_1 neytron m_2 massali tinch turgan proton bilab elastik to‘qnashganda neytron o‘z kinetik energiyasini qanday qismini protonga beradi?
116. Massasi 2 kg bo‘lgan tosh noma’lum balandlikdan 1.43 s davomida yerga tushdi. Yo‘lning o‘rtasida kinenik va potensial energiyalarni toping. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
117. 500 g massali , tezligi 10 sm/s qo‘rg‘oshin shar massasi 200 g li tinch turgan smola shar bilan to‘qnashgandan keyin birgalikda harakat qiladi Sharlarning to‘qnashuvdan keyingi kinetik energiyalari topilsin.
118. Massasi $m_1 = 3$ kg va tezligi 4 m/s bo‘lgan jism xuddi shunday massali tinch turgan jism bilan markaziy va noelastik to‘qnashganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori topilsin .
119. Balandligi h = 0.5 m bo‘lgan qiya tekislikdan massasi m = 3 kg li jism sirpanib tushmoqda. Oxirgi tezligi v= 2.45 m/s. Ishqalanish natijasida ajralgan issiqlik miqdori topilsin, boshlang‘ich tezlik v=0 m/s.

120. Massasi 10 g bo‘lgan o‘q 1000 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otilgan. Yerga qaytib tushishdagi tezligi 50 m/s bo‘lgan bo‘lsa havoning qarshilik kuchi qanday ish bajargan?.
121. Lokomotiv, massasi m = $2\cdot10^6$ kg li poyezdni yuqoriga qiyaligi $tg\alpha_1 = 0.005$ tezligi v1 = 30 km/soat, yoki qiyaligi $tg\alpha_2 = 0.0025$ va 40 km/soat tezlik bilan yurgiza oladi. Quvvat va qarshilik kuchi o‘zgarmas deb hisoblab qarshilik kuchi topilsin.
122. Rogatka rezina shnuri 10 sm cho‘zilgan. Agar 1 sm cho‘zish uchun 10 N kuch kerak bo‘lsa massasi 20 g bo‘lgan tosh qanday tezlik bilan otilgan? Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.
124. Massasi m = $5\cdot10^5$ kg poyezd 30 km/soat tezlik bilan qiyaligi h = 10 m uzunlikda l = 1 km. balandlikli tekislikda ko‘tarilmoqda. Ishqalanish koeffisiynti 0.002 bo‘lsa, teplovozning quvvati topilsin.
125. Balandligi 25 m bo‘lgan minoradan gorizontal ravishda 15 m/s tezlik bilan otilgan toshning harakat boshlangandan keyin bir sekund o‘tgach kinetik va potensial energiyasini aniqlang. Toshning massasi 0.2 kg. Havoning qarshiligi e’toborga olinmasin.
126. Jism 49 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otilgan. Qanday balandlikda uning kinetik energiyasi potensial energiyaga teng bo‘ladi?
127. Katta bo‘lmagan jism sferaning eng yuqori nuqtasidan pastga tomon sirpanmoqda. Qanday balandlikda jism sfera sirtidan ajraladi? Sferaning radiusi R. Ishqalanish hisobga olinmasin.
128. Massasi 10 g o‘q 600 m/s tezlik bilan uchib borib ballistik mayatnikka tegadi va uning ichida qolib ketadi. Mayatnikning massasi 5 kg. Mayatnik qo‘zg‘alib qanday balandlikka ko‘tarilgan?
129. Massasi 80 kg va radiusi 30 sm disksimon maxovik tinch holatda turibdi. Maxovikni ν = 10 ayl/s chastota bilan aylantirish uchun qanday ish bajarish kerak?
130. Kinetik energiyasi W = 8000 j bo‘lgan maxovik o‘zgarmas ν = 10 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Maxovikka qo‘yilgan kuch momenti 50 Nm, qancha vaqtda maxovik tezligini ikki marta oshira oladi?
131. Maxovikning aylanish qonuni $\varphi = A + Bt + Ct^2$ ko‘rinishda berilgan. Bunda A = 2 rad, V = 32 rad/s, S = -4 rad/s^2. Agarda maxovikni inersiya momenti I =

100 kg·m^2 bo‘lsa, maxovikni aylanishida ta’sir etuvchi kuchlar hosil qilgan quvvat topilsin.

132. Massasi 280 kg, radiusi R = 1 m disksimon platforma berilgan. Uning chekkasida massasi 60 kg odam turibdi. Agar t = 30 s da platforma ν = 1.2 ayl/s chastotaga erishsa, platformani aylantiruvchi dvigatelni foydali quvvati topilsin.

133. Inersiya momenti 40 kg·m^2 bo‘lgan maxovik tinch holatidan boshlab kuch momenti M = 20 Nm ta’sirida tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Tekis tezlanuvchan harakat 10 s davom etgan. Maxovikni erishgan kinetik energiyasi topilsin.

134. Velosiped haydovchining velosiped bilan birgalikdagi massasi 78 kg, bunda g‘ildiraklarning massasi 3 kg. G‘ildirakni gardish deb oling. Shu velosipedchining tezligi 9 km/soat bo‘lganda, uning kinetik energiyasini topilsin.

135. Massasi 80 kg va radiusi 40 sm bo‘lgan disksimon maxovik tinch holatda turibdi. Maxovikni ν = 10 ayl/s chastota bilan aylantirish uchun qanday ish bajarish kerak?

136. Massasi 10 g va tezligi 800 m/s bo‘lgan o‘q o‘z o‘qi atrofida ν = 3000 ayl/s chastota bilan aylanib uchib bormoqda. O‘qni diametri 8 mm bo‘lgan silindr deb hisoblab, uning to‘la kinetik energiyasi topilsin.

137. Maxovik 20 Nm kuch momenti ta’sirida tinch holatdan tekis tezlanuvchan harakat qila boshladi. O‘ninchi sekundning oxirida W = 500 j kinetik energiyaga ega bo‘ldi. Maxovikning inersiya momenti nimaga teng?

138. Massasi 1000 kg, radiusi 1 m disksimon stabillashtiruvchi giroskopni 1 min oraliqda burchakli tezligi 30 s^{-1} bo‘lsa, uni harakatga keltiruvchi motoring quvvati qanday bo‘lishi kerak? Havoning qarshiligi va ishqalanish hisobga olinmasin.

139. Massasi 1 kg, diametri 60 sm disk (disk yuzasiga perpenendikular va markazdan o‘tuvchi) o‘q atrofida 20 ayl/s chastota bilan aylanmoqda. Diskni to‘xtatish uchun qanday ish bajarish kerak?

140. Massasi 5 kg va radiusi 5 sm disk ν = 10 ayl/min chastota bilan aylanma harakat qilib turganda, qo‘zgalmas turgan massasi 10 kg, lekin radiusi yuqoridagidek bo‘lgan diskka tekkizilgan. Agarda ular tekkizilganda

sirpanish yo‘q bo‘lsa, disklarni qizdirish uchun sarf bo‘ladigan energiya qismi topilsin.

141. G‘ildirak o‘zgarmas ε = 0.5 rad/s^2 burchakli tezlanish bilan aylanmoqda. Harakat boshlangandan 15 s vaqt o‘tgach 73.5 kg·m^2/s impuls momentiga ega bo‘lgan. Harakat boshlangandan keyin 20 s o‘tgach uning kinetik energiyasi qanday bo‘ladi?

142. Massasi100 kg va radiusi 0.4 m tinch turgan disksimon maxovikni ν = 10 ayl/s chastota bilan aylantirish uchun qancha ish bajarish kerak?

143. Aylanma harakat qilayotgan maxovikka M = 1.99 N·m tormozlovchi o‘zgarmas kuch momenti ta’sir etsa, u tekis sekinlanuvchan harakat qilib N = 80 aylanib to‘xtagan. Tormozlanish boshlangan payitda maxovikning kinetik energiyasi qanday bo‘lgan?

144. Massasi 10 kg va radiusi 2 m gorizontal platforma, uning markazidan o‘tuvchi vertikal o‘q atrofida ν = 10 ayl/min chastota bilan aylanmoqda. Massasi 60 kg odam platformani chekkasida turibdi. Agarda odam chekkadan markazga o‘tsa, u qanday ish bajaradi?

145. Inersiya momenti 20 kg·m^2 bo‘lgan maxovik 10 Nm kuch momenti ta’sirida tinch holatdan tekis tezlanuvchan harakat qila boshlagan. Bu harakat 10 s davom etgan. Kinetik energiyasi topilsin.

146. ν = 10 ayl/s chastota bilan aylanayotgan maxovikni kinetik energiyasi W = 8·10^{3}j . Agarda 5 s vaqtda maxovikni burchakli tezligi ikki marta oshsa, maxovikka qo‘yilgan kuch momenti nimaga teng?

147. Uzunligi 1.5 va massasi 10 kg sterjen yuqori uchidan o‘tuvchi qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat qila oladi. Sterjenni o‘rtasiga massasi 10 g o‘q gorizontal yo‘nalishda υ_o = 500 m/s tezlik bilan uchib kelib tegdi va sterjenda qolib ketdi. Sterjen o‘q tekkandan keyin qanday burchakka (φ) burildi?

148. Maxovik o‘zgarmas ν = 900 ayl/min chastota bilan aylanmoqda. Tormozlanish boshlangandan keyin u tekis sekinlanuvchan harakat qilib N = 75 aylanib to‘xtadi. To‘xtatishda sarf bo‘lgan ish A = 44.4 j. Maxovikning inersiya momenti va tormozlanish kuch momenti topilsin.

149. Uzunligi 1 m bo‘lgan ingichka sterjen uchi bilan gorizontal o‘qqa mahkamlangan. Sterjenni muvozanat holatdan 60^o burchakka burib qo‘yib yubordi. Muvozanat holatdan o‘tayotgan paytda sterjenning ikkinchi uchini chiziqli tezligi topilsin.

150. Motorning yakori ν=1500 ayl/min chastota bilan aylanmoqda. Agar motor N=500 Vt quvvatga erishsa, aylantiruvchi kuch momenti M topilsin.

151. Maxovik $\varphi = A + Bt + Ct^2$ tenglamaga bo‘ysungan holda aylanmoqda. Bunda A = 2 rad, B = 16 rad/s, S = -2 rad/s^2. Maxovikning inersiya momenti I = 50 kg·m^2. Vaqt 3 s ga teng bo‘lganda quvvat qancha bo‘ladi?

152. Massasi 280 kg, radiusi 1 m platforma chekkasida massasi 60 kg odam turibdi. Platormani harakatga keltiruvchi dvigatelni foydali quvvati 190 Vt. Platformani chastotasi ν = 1.2ayl/s bo‘lishi uchun qancha vaqt ketadi?

153. Remenli uzatish N=9 kVt quvvatni uzatayapti. Uzatish shkivining diametri 0.48 m va u ν=240 ayl/min bilan ailanmoqda. Remen tortiladigan qismining tarangligi qaytib keladigan tomonning tarangligidan ikki barobar kattadir. Remenning har ikala tomonining tarangligi topilsin.

154. Uzunligi 15 sm qalam stol ustida tik turg‘azib qo‘yilgan. Qalam qulab tushganda uning uchi qanday chiziqli tezlikka erishadi?

155. Disk gorizontal tekislikda 8 m/s tezlik bilan dumalab borayapti. U o‘z holicha harakatni davom ettirsa, u qancha masofani bosib o‘tadi? Ishqalanish koeffitsiyenti 0.26 .

156. Obruch uzunligi 3 m va balandligi 10 sm qiya tekislikdan sirpanishsiz dumalab tushsa, qancha vaqt ketadi?

157. Shar sirpanishsiz gorizontal tekislikda dumalab ketayapti. Sharning to‘la kinetik energiyasi W = 14 j. Ilgarilanma va aylanma harkat kinetik energiyalarini toping.

158. Disk yassi gorizontal tekislikdan 8 m/s tezlik bilan dumalab ketayapti. Disk harakatni o‘z holicha davom ettirsa, u 18 m masofani bosib o‘tib to‘xtaydi. Qarshilik koeffitsiyentini qiymati nimaga teng?

159. Yupqa sirtli va to‘la bo‘lgan silindrlar gorizontal tekislikda dumalab ketayapti. Ularning yo‘lida ma’lum balandlikka ega bo‘lgan kichik qiyalik bor. Silindrlarning tezliklarini minimal qiymatlarining nisbatlari qanday bo‘lganda, ular to‘siqdan o‘tib ketadi?

160. Tezligi 1.4 m/s bo‘lgan to‘liq shar qiya tekislikdan yuqoriga ko‘tarilayapti. Ishqalanishni e’tiborga olmasdan, sharning maksimal ko‘tarilish balandligi topilsin.

161. Yupqa sirtli va to‘liq silindrlar qiya tekislikdan sirpanishsiz bir xil balandlikdan dumalab tushmoqda. Qiya tekislikning oxirida silindrning tezliklari nisbatlari topilsin. Ishqalanish e’tiborga olinmasin.
162. Massasi 2 kg va 2 m/s tezlik bilan sirpanishsiz gorizontal tekislikda dumalab ketayotgan diskni kinetik energiyasi hisoblansin.
163. Bir xil 5 m/s tezlik bilan sirpanmasdan dumalab ketayotgan massalari bir xil 2 kg li g‘ildirak va to‘liq silindr kinetik energiyalarini toping.
164. Qiya tekislikdan g‘ildirak ishqalanish bor bo‘lganda dumalab, ishqalanish yo‘q bo‘lsa sirpanib tushadi. Qiya tekislikning oxirida, g‘ildirakning tezligi qaysi holda va necha marta katta bo‘ladi?
165. Qiyalik burchagi 30^o bo‘lgan tekislikdan shar dumalab tushayapti. Agarda boshlang‘ich tezligi nolga teng bo‘lsa, qiya tekislikka nisbatan shar markazining tezligi qanday bo‘ladi?
166. G‘ildirak va to‘liq shar gorizontal tekislikdan dumalab ketayapti. Bularning yo‘lida ma’lum balandlikka ega bo‘lgan do‘nglik bor. Bu jismlarning do‘nglikdan o‘tishi zarur bo‘lgan eng kichik tezliklari topilsin.
167. Uzunligi 2m va balandligi 10 sm qiya tekislikdan g‘ildirak ishqalanishsiz qancha vaqt dumalab tushadi?
168. Sirpanishsiz dumalab ketayotgan disk, qiyalik burchagi 30^o qiya tekislikka parallel υ = 7 m/s boshlang‘ich tezlikka ega bo‘lsa, u qancha masofani o‘tadi?
169. Bir jinsli to‘liq disk gorizontal tekislikdan 10 m/s tezlik bilan dumalab ketayapti. Disk o‘z holicha dumalasa, to‘xtaguncha qancha yo‘l bosadi? Ishqalanish koeffitsiyenti 0.02.
170. Agarda dumalab ketayotgan diskni aylanma harakatini e’tiborga olmasa, kinetik energiyani hisoblashda qanday nisbiy hatolikka yo‘l qo‘yamiz?
171. Massalari bir xil bo‘lgan va sirpanishsiz dumalab ketayotgan g‘ildirak va diskni chiziqli tezliklari bir xildir. G‘ildirakning kinetik energiyasi W = 40 j. Diskning kinetik energiyasi topilsin.
172. Balandligi 1 m bo‘lgan qiya tekislikdan sirpanishsiz dumalab ketayotgan sharning markazi qanday chiziqli tezlikka ega bo‘ladi?
173. Har xil balandlikda qiya tekislikdan sirpanishsiz dumalab ketayotgan sharning markazi qanday chiziqli tezlikka ega bo‘ladi?
174. Uzunligi 175 sm qiya tekislikdan g‘ildirak sirpanishsiz dumalab tushmoqda. Qiya tekislikning yuqorigi nuqtasi pastki qismiga nisbatan 20 sm baland. Bu

nuqtada g‘ildirak tezligi nolga teng. G‘ildirakning tushish vaqti hisoblansin. Ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo‘lgan energiyani kamayishi e’tiborga olinmasin.

175. Sirpanishsiz dumalab ketayotgan silindr 0.081 N kuch bilan to‘xtatildi. Silindr massasi 2 kg, tormozlanish masofasi 0.5 m. silindrning tormozlangunga qadar bo‘lgan tezligi topilsin.

176. Massasi 2 kg va tashqi radiusi 5 sm halqa, uzunligi 2 m va qiyalik burchagi 30^o qiya tekislikdan dumalab tushayapti. Agarda qiya tekislik oxirida halqaning tezligi 3.3 m/s bo‘lsa, aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti topilsin.

177. Uzunligi 1 m bo‘lgan ipni uchiga bog‘langan sharcha gorizontal tekislikka tayanib, $1s^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Ip aylanish jarayonida qisqara borib aylanish o‘qidan 0.5 m gacha yaqinlashadi. Tashqi kuch ipni qisqartira borib qanday ish bajaradi? Sharchaning tekislikdagi ishqalanishi hisobga olinmasin.

178. Radiusi 0.1 m bo‘lgan shar misdan iborat. U markazdan o‘tuvchi o‘q atrofida $\nu = 2\ s^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Sharning burchakli tezligini ikki marta oshirish uchun qanday ish bajarish kerak?

179. Uzunligi L va massasi M bo‘lgan taxta uchida massasi m ga teng bo‘lgan qurbaqa turibdi. Gorizontga nisbatan α burchakni tashkil qilgan holda qurbaqa taxta bo‘yicha sakradi. Qurbaqa sakrab taxtani ikkinchi uchida bo‘lishi uchun qanday boshlang‘ich υ_o tezlikka ega bo‘lishi kerak?

180. Ko‘lning sirtida qayiq turibdi. Qayiq qirg‘oqqa nisbatan perpenendikular, ya’ni uchi qirg‘oqqa tomon yo‘nalgan. Qayiqning uchi bilan qirg‘oq orasidagi masofa 0.75 m ga teng. Boshlang‘ich paytda qayiq tinch holatda turibdi. Odam qayiqni uchidan oxiriga o‘tadi. Agar qayiqning uzunligi 2 m bo‘lsa, u qirgoqqa suzib keladimi? Qayiqning massasi 140 kg, odamniki esa 60 kg.

181. O‘z o‘qi atrofida ishqalanishsiz aylana oladigan yengil blokdan ip o‘tkazilib, ipni ikki uchiga massasi M ga teng bo‘lgan yuklar osilgan. Yuklarning biri yukdan h masofada turgan teshik halqadan o‘tkazib qo‘yilgan. Ma’lum vaqtdan keyin halqa yuk ustiga tushib ketadi. Yuklarning orasidagi masofa 2h ga teng bo‘lguncha ketgan vaqt topilsin. Halqaning massasi m.

182. Massasi M raketadan tezligi 3υ bo‘lgan qancha massali yonilg‘ini chiqarib raketaning tezligini υ dan $1.1\ \upsilon$ gacha etkazish mumkin?

183. Massasi 1 kg va uzunligi 1.4 m bo‘lgan zanjir bir uchi stolga tegib turadigan qilib, ip bilan osib qo‘yilgan. Ipni yoqib yuborsak zanjir stol ustiga tushadi. Bunda zanjirni stolga bergan impulsi topilsin.
184. Gorizont bilan α burchakni tashkil qilgan qiya tekislikdan sirpanishsiz massasi m va radiusi R bo‘lgan bir jinsli shar dumalab tushmoqda. Sharning boshlang‘ich momentdagi yerga tegib turgan nuqtasiga nisbatan impuls momentini vaqtga bog‘lanishi topilsin.
185. Radiusi R bo‘lgan, og‘ir qo‘zg‘almas blokka cho‘zilmaydigan ip o‘ralgan va uning bir uchiga massasi m bo‘lgan jism osilgan. t = 0 bo‘lgan vaqtda sistemani o‘z holicha qo‘yib yuborishgan, natijada u harakatga kelgan. Blokning o‘qiga nisbatan impuls momentini vaqt t ga bog‘liqligi topilsin.
186. Massasi m bo‘lgan sharchani boshlang‘ich υ_o tezlik bilan gorizontga nisbatan α burchak ostida otilgan. Otilgan nuqtaga nisbatan sharchani impuls momenti vektori modulning vaqtiga bog‘lanishi topilsin. Agarda m = 100 g, $\alpha = 45^o$, υ = 25 m/s bo‘lsa, trayektoriyaning cho‘qqisida sharchaning impulsi momenti vektorining moduli topilsin. Havoning qarshiligi e’tiborga olinmasin.
187. Uzunligi l bo‘lgan, uncha katta bo‘lmagan m massali sharcha biror 0 nuqtaga osib qo‘yilgan va gorizontal aylanalar chizib o‘zgarmas burchakli tezlik bilan aylanmoqda. Sharchaning 0 nuqtaga nisbatan yarim aylanish impuls momenti vektorining moduli topilsin.
188. Gorizontal silliq disk o‘zgarmas ω burchakli tezlik bilan markazidan o‘tuvchi 0 nuqta vertikal o‘q atrofida aylanma harakat qilmoqda. Vaqt t =0 da O nuqtaga boshlang‘ich tezligi υ_o bo‘lgan shayba qo‘yildi. Shaybani disk bilan bog‘langan sanoq sistemasida O nuqtaga nisbatan impuls momenti topilsin.
189. Uncha katta bo‘lmagan jism sferik sirti cho‘qqisidan pastga sirpanib tushmoqda. Agarda sferaning radiusi R bo‘lsa, jism sfera cho‘qqisidan qanday h balandlikda undan ajraydi?
190. Markazlaridan bir to‘gri chiziqda yotgan beshta shar bir-biridan uncha uzoq bo‘lmagan masofada turibdi. Sharlarning chekkasidagi tezligi 10 m/s bo‘lgan sharlarning markazlarini tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab xuddi shunday shar kelib urildi. Urilishni absolut elastik deb oxirgi sharning tezligi topilsin.
191. Massasi 0.5 kg yuk biror balandlikdan bikirlik koeffisiyenti k=980 N/m bo‘lgan purjinaga mahkamlangan massasi 1 kg bo‘lgan temir taglikni ustiga

tushdi. Agar yukning tushish paytidagi tezligi 5 m/s bo‘lsa, purjinani eng ko‘p siqilish masofasi topilsin. Urilishni noelastik deb oling.

192. Tezligi 108 km/soat bo‘lgan samolyot kemani palubasiga qo‘nmoqda. U to‘xtatuvchi elastik arqonga ilinib to‘xtaguncha 30 m masofani o‘tadi. To‘xtatish faqat arqonni elastiklik kuchi ta’siri natijasida deb uchuvchining qo‘nish payitidagi maksimal og‘irligi topilsin. Uchuvchining massasi 70 kg.

193. Uzunligi L bo‘lgan bir jinsli arqon stol ustidan ishqalanishsiz sirpanib tushmoqda. Boshlang‘ich paytda, arqon harakatni boshlamagan vaqtda, uni osilib turgan qismining uzunligi L_o. Arqonning hammasi stol ustidan tushganda uni erishgan tezligi topilsin. Arqonning uzunligi stolning balandligidan kichik deb olinsin.

194. Radiusi R bo‘lgan yupqa halqani uning o‘z o‘qi atrofida ω burchakli tezlikda aylantirib gorizontal stol ustiga qo‘yildi. Agarda stol bilan halqa orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti μ bo‘lsa, halqa qancha vaqtdan keyin to‘xtaydi? Halqa necha marta aylandi?

195. R radiusli harakatlanayotgan zarrachani kinetik energiyasi bosib o‘tilgan yo‘l S ga $T = AS^2$ qonun bo‘yicha bog‘langan. Bu yerda, A – o‘zgarmas kattalik. Zarrachaga ta’sir etuvchi kuchni S ga bog‘lanishi topilsin.

196. Uzunligi 1.5 m, massasi 10 kg bo‘lgan sterjen uchidan o‘tuvchi qo‘zgalmas o‘q atrofida aylana oladi. Sterjen o‘rtasiga massasi 10 g oq’ gorizontal yo‘nalishda 500 m/s tezlik bilan uchib kelib tegadi va unda qolib ketadi. O‘q tekkandan keyin sterjen qandaiy burchakka buriladi?

197. Massasi m va radiusi R bo‘lgan g‘ildirak shaklidagi maxovik ω burchakli tezlikka aylantirilib o‘z holiga qo‘yib yuborilgan. Ishqalanish kuchi ta’sirida u ma’lum bir vaqtdan keyin to‘xtaydi. Agarda maxovik to‘xtaguncha N ta aylangan bo‘lsa, ishqalanish kuch momentini o‘zgarmas deb olib, uning qiymati topilsin.

198. Yengil g‘ildirakka o‘rnatilgan aravacha va silindr sirpanishsiz qiya tepalikdan dumalab tushmoqda. Silindr va aravachaning massalari bir xil. Necha marta va qaysi jism tez tushadi?

Mustaqil ta'lim mavzularini taqsimlanishi	
№	**Mustaqil ta'lim mavzulari**
1	Nuqtaning egri chiziqli koordinatalardagi tezlik, tezlanish. TSilindrik va sferik koordinatalarda nuqtaning tezlik va tezlanishi.
2	Qo'zg'almas nuqta atrofidagi xarakati. Eyler burchaklari. Aksoidalar
3	TSentroidalar. TSentroidaning geometrik talqini.
4	Nuqtaning murakkab xarakati; asosiy va qo'zg'aluvchi sanoq sistemalari; nisbiy ko'chirma va murakkab xarakatlari; tezliklarni qo'shish; Koriolis teoremasi; koriolis tezlanishi.
5	Sistemaning erkinlik darajasi soni. Bog'lanishlarning soni bog'lanishlarning reyaktsiyalari.
6	Planetalar harakati; butun olam tortishish qonuni. CHegaralangan ikki jism masalasi.
7	Fuko mayatnigi.
8	Qattiq jismning inertsiya momenti (o'qqa nisbatan va aralash); inertsiya tenzori. Inertsiya bosh o'qlari. Jismning bosh inertsiya momentlari.
9	Sistema kinetik energiyasining strukturasi.
10	Erkin kanonik almashtirishlar. Almashtirishning kanonik alomati.
11	Gamilьton – Yakobi tengmasi.
12	Nisbiylik printsipi.
13	Galileyning nisbiylik printsipi.
14	N'yuton tenglamasini keltirib chiqarish.
15	Bog'lanishlar xususida
16	Konservativ va nokonservativ sistemalar
17	Mexanik ixshashlik usuli
18	Zaryadli zarrachalarning elektromagnit maydonlardagi harakati.
19	Mexanikada Kepler qonunlari.
20	Ortogonal koordinata sistemalari orasidagi itishlar
21	Markaziy maydondagi saqlanuvchi kattalik.
22	Elastik va noelastik tiqtashuv fazoviy burchak
23	Kichik burchaklarga sochilish.
24	Tabiatdagi tilqin shodisalari xakida
25	Molekulalar tebranishi.
26	Nochiziqli tebranishlar
27	parametrik tebranishlar
28	Rauss funktsiyasi.
29	Xususiy hollar.
30	Mopertyui printsipi.

Nazariy mexanika

fanidan

GLOSSARIY

QISQACHA IZOHLI LUG'AT (GLOSSARIY)

Termin	Terminology	O'zbek tilidagi sharhi
Mexanikharakat	Mechanics	Jismlaryokiularqismlariningbirbiriganisbatanko'chishishi
Moddiynuqta	thematerialpoint	Qaralayotganmasaladao'lchovlarivashakliahamiyatsizbo'lganjism
Sanoqsistemasi	industrial system	Harkatlanuvchiboshqajismlarningholatianiqlanadiganhaqiqiyyokishartliqattiqjism
Traektoriya	trajectory	Tazoharakatlanayotganjismnuqtasinichizadiganchiziq
Ko'chish	migration	Harakatlanayotganmoddiynuqtabirorvaqtoralig'iningboshlang'ichpaytidaegallabturgannuqtasidanshuvaqtoralig'iningoxiridaegallaganholatgao'tkazilganvektor
Yo'l	way	Harakatlanayotganmoddiynuqtatraektoriyasibo'yichahisoblanganikkigeometriknuqtaorasidagimasota
Tezlik	speed	O'zgaruvchanfizikaviykattalikningbirorvaqtoralig'idagio'zgarishikattaliginingshuo'zgarishyuzberganvaqtoralig'iga nisbati
Oniytezlik	theinstantaneousspeed	Traektoriyaningma'lumnuqtasidagiyokiberilganvaqtmomentidagijismningtezligi
O'rtachatezlik	averagetezltk	Umumiybosibo'tilganyo'lniumumiyharakatvaqtiganisbati bilano'lchanadigankattalik
Tezlanish	acceleration	Nuqtatezligio'zgarishijadalliginiitodalovchihamdatezliko'zgarishiningshuo'zgarishsodirbo'lganvaqtoralig'iganisbatigatengbo'lganfizikaviykattalik
Erkintushish	freefall	Jismningungaog'irlikkuchidanboshqakuchlarta'sirqilmaganholdaharakati
Erkintushishtezlanishi	Accelerationoffreefall	Moddiynuqtaningog'irlikkuchita'siridaoladigantezlanishi

Vakuum	vacuum	Atmosterabosimidananchaginapastbosimligazholati
Tushishvaqti	playtime	Jismniotilganvaqtdanergatushishdagiharakatvaqti
Ko‘tarilishvaqti	thetime	Jismniharakatboshlanishidanmaksimalbalandlikkako‘tarilishgachaketganvaqti
Uchishvaqti	flighttime	Jismningkutarilishvaqtivaergatushishvaqtlariniyig‘indisi
Egrilikradiusi	theradius ofcurvature	Harakattraektoriyasiningradiusi
Tortishish kuchi	theforceof gravity	Jismlarningo‘zarota’sirinatijasidavujudgakeluvchikuch
Tortishish potentsial energiyasi	Thegravitationalpotentialenergy	Jismlarnio‘zarotortishishkuchlarinatijasidaegabo‘lganenergiya
Sanoqsistemasi	industrial system	Harkatlanuvchiboshqajismlarningholatianiqlanadiganhaqiqiyyokishartliqattiqjism
Inertsialsanoqsistemasi	Inertsialnotationsystem	Boshqabirjismlar (kuchlar) ta’sirqilmayotganmoddiynuqtalaro‘ztezligininisbatanmoddiysaqlabqoladigansanoqtizimi
Noinertsialsanoqsistemasi	Noinertsialnotation system	Birbiriganisbatantezlanishbilanharakatqiluvchisistemalar
Inertsiyakuchlari	inertia	1)Noinertsialsanoqtizimininginertsialtizimiganisbatanharakatibilanbog‘liqbo‘lganNyutonningIIqonuniitodasinoinertsialtizimdahamo‘rinlibo‘lishiuchunkiritiladiganqo‘shimchahad; 2) Dalambertamoyiliniishlatishdakuchlardanbirisitatidaqo‘llaniluvchimoddiynuqtasimassasiningshunuqtatezlanishigateskariishorabilanolinadiga nko‘paytmasi
Ishqalanishkuchi	frictionforce	Tegishishibturivchijismlar, suyuqlikvagazlarqatlamlariningnisbiyko‘chishigaqarshilikqiluvchikuch
Qovushqoqishqalanish	frictionQovushqoq	
Ichkiishqalanishkoettitsienti	The coefficient of internal friction	Qattiqjismlardetormatsiyalangandaulargata’sirqiladiganmexanikenergiyaningissiqlikkaaylanishxossasi; suyuqlikvagazlardaqovushqoqlikdebataladi
Stokskuch	thepower	CHeklanmaganqovushqoqsuyuqlikdaqattiqsharharakatlan

i	ofStoker	adiganungata’sirqiluvchiqarshilikkuchinianiqlovchiqonun
Sirpanishishqalanish	slidingfriction	Birjismningikkinchijismsirtibo‘ylabilgarilanmako‘chishidagitashqiishqalanish
Ishqalanishkoettitsienti	Thecoefficientoffriction	Ishqalanishkuchiningnormalbosimkuchiganisbatibilano‘lchanadigankattalik
Dumalanishishqalanish	rollingfriction	YAssiyokiegilgansirtdasirpanishsizdumalanayotgantsilindrikyokisharsimonjismgata’sirqiluvchiishqalanishkuchi
Dumalabishqalanishkoettitsienti	Rollingfrictioncoefficient	Jismningbirorsirtbo‘ylabdumalanishgaqarshilikkuchimomentiningshusirtmomentidansirtgatikyo‘nalgankuchiganisbati
Koriolisk uchi	Koriolis	Inertsialtizimganisbatanilgarilanmabo‘lgantarzdaharakatlanayotganinertsialsanoqtizimidagimoddiynuqtagata’sirqiluvchihamdaKariolistezlanishitutaylivujudgakeluvchiinertsiyakuchi
Korioliste zlanishi	Accelerating Koriolis	Nuqtamutloqtezlanishninguningbirko‘chmatezliksohadaboshqako‘chmatezliksohagako‘chishibilanbog‘liqtashkilqiluvchisi
Berqonun i	the law	ErningaylanmaharakatitutayliKarioliskuchita’siridadaryolarningbirqirg‘og‘iniko‘proqemirilishi
Fukomay atnigi	fucose mayatnigi	Erningsutkaviyaylanishihodisasinitasdiqlovchitebrangich
Kuchelkasi	powershoulder	Kuchmomentihisoblanayotgannuqtadankuchta’siriyo‘nalganto‘g‘richiziqqatushirilgantikchiziquzunligi
Kuchmoment	momentof force	Ta’siretuvchikuchnikuchelkasigako‘paytmasigatengbo‘lgankattalik
Inertsiya momenti	Iinertsiya moments when	Jismningilgarilanmabo‘lmaganharakatidauninginertliginiitodalovchivajismdamassalarningtaqsimotigabog‘liqbo‘lgankattalik
Butunolamtortishishqonuni	The law of universal gravitation	Birmoddiynuqtao‘zigaboshqasinitortishidaniboratuniversalo‘zarota’sirkuchiniitodalovchiqonun
Tortishish potentsial energiyasi	Thegravitationalpotentialenergy	Jismlarnio‘zarotortishishkuchlarinatijasidaegabo‘lganenergiya
Keplerqonuni	Kepler'slaws	Moddiynuqtaningmarkaziykuchmaydonidaxususansayyoralarningquyoshatrotidaharakatqonunlari
Kosmikte	spacevelo	Erganisbatanharxiltraektoriyalarbo‘yichaharakatqilishiuch

zliklar	cities	unkerakbo‘lganminimaltezliklar
1-kosmiktezlik	1-speed space	Su’iyEryuo‘ldoshlariningErdanchiqib, Eratrotidadoiraviyorbitabo‘yichaharakatqilishiuchunzarur bo‘lganengkichiktezlik.
2-kosmiktezlik	2-speed space	Su’iyEryuo‘ldoshlariningErdanchiqib, Quyoshgaetibborishiuchunzarurbo‘lganengkichiktezlik
3-kosmiktezlik	3-speed space	QuyoshsistemasiniErdankchibtarketishuchunzarurbo‘lgan engkichiktezlik
Moddaning agregat holati	Aggregat estateofmatter	Ayni bir moddaning o‘tishlaridan uning erkin energiyasi, entropiyasi, zichligi va boshqa asosiy fizikaviy xususiyatining sakrovli holatli
Suyuqlik	liquid	SHaklga ega bo‘lmagan va aniq hajimga ega bo‘lgan maddaning agregat holati
Ideal suyuqlik	theidealfluid	Qovushqoq bo‘lmagan (ishki ishqalanish koettitsienti nolga teng bo‘lgan) suyuqlik
Statsionar oqim	fixedflow	Parametrlari (tezlik, zichlik, bosim, temperatura) vaqtga bog‘liq bo‘lmagan syuqlik yoki gaz oqimiga
Uzluksizlik	continuity	Suyuqlik yoki gaz oqimlarini chiziqlarini uzluksizligini tavsiflaydigan tushuncha
Oqim chiziqlari	flowlines	Har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma shu nuqtada urinma suyuqlik zarrasi (suyuqlik oqimida) yoki elastik zaryad (elektrik tok holida) tezligi vektoriga mos chiziq
Bernulli tenglamasi	Bernullie quation	Ideal suyuqlik yoki gaz oqimini energiya saqlanish qonuniga asosan itodalaydigan tenglama
Qarshilik kuchlari	resistance	Suyuqlik yoki gaz oqimini jismga ta’sir etuvchi kuchi
Reynolds soni	Reynolds number	Suyuqlik yoki gaz oqimini laminar yoki uyurmaviy oqishini tavsitlaydigan parametr
Torichelli tajribasi	Torichelli experience	Ochiq idishdagi kichik tirqishdan oqib chiquvchi suyuqlik tezligini aniqlab beruvchi itoda
Magnus ettekti	Magnusef fect	Aylanma harakat qilayogan jismga suyuqlik yoki gaz oqimini ta’siri natijasida vujudga keluvchi ko‘ndalang kuch
Arximed kuchi	Archimedes	Suyuqlik yoki gazga botrilgan jismni ko‘taruvchi kuch
Fizik mayatnik	physical pendulum	Qo‘zg‘almas gorizontal o‘q atrotida og‘irlik kuchi ta’sirida tebranuvchi mutloq qattiq jism
Davriyjarayonlar	periodicprocesses	Vaqtdavomidabirordarajadatakroriylikkaegabo‘lganharakatlaryokijarayonlar.
Garmonik	Harmonic	Holato‘zgarishlarisinusyokikosinusqonunibo‘yichayuzber

tebranma harakat	vibration	uvchitebranishlar
Amplituda	amplitude	Tebranilayotganmoddiyjismningmuvozanatvaziyatidanengkattamasotagasiljishi
CHastota	Thefrequency	Vaqtbirligidagitebranishlarsoni
Tebranish davri	vibrationperiod	Tebranayotgankattalikningqiymatitakrorlangadiganengkichikvaqtoralig‘i
Matematikmayatnik	mathematicalpendulum	Vaznsizcho‘zilmaydiganipqo‘zg‘almasnuqtagaosilganhamdatiktekislikdaharakatlanaoladiganmoddiynuqta
Tebranish tazasi	the phase of the vibration	Tebranmayokito‘lqinjarayonlaritavsitlovchitunktsiyanidavriyo‘zgaruvchiargumenti
Keltirilgan uzunlik	length	Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi shunday kattalikki uning tebranish davri shunday uzunlikdagi matematik mayatnik uzunligiga teng
Prujinali mayatnik	springpendulum	Prujinaning elastik kuchi ta’sirida to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tebranuvchi jism
Kyoning teoremasi	Kyongtheorem	Tebranuvchi sitemaning tsiklik chastotasining kvadrati uning potentsial energiyasi koettitsientini kinetik energiyasi koettitsientiga nisbatiga teng
Xususiy tebranishlar	Privatefluctuations	Taqat ichki kuchlar ta’sirida bo‘ladigan tebranishlarga aytiladi
So‘nuvchan tebranishlar	fluctuations	Vaqt o‘tishi bilan amplitudasi kamayib boradigan tebranishlar
So‘nish dektementi	Fadedektementi	Ikkita ketma-ket tebranishlar amplitudasini nisbatlari natural logoritmiga teng bo‘lgan kattalik
Majburiy tebranishlar	forcedvibrations	Davriy tashqi kuchlari ta’sirda yuzaga keladigan tebranishlar
Rezonans	resonance	Tabranishlarning xususiy chastotasining tashqi kuchlar chastotasiga teng bo‘lganda tebranishlar amplitudasining keskin ortishi
Bienie (Titrash)	Bienie (Vibration)	CHastotalaribir-birigajudayaqinbo‘lganikkitatebranishlarniqo‘shilishinatijasidahosilbo‘ladigantepkilitebranish
Lissajushakllari	FormsLissaju	O‘zarotiktebranishlarningqo‘shilishinatijasidahosilbo‘lgantebranishlarningtraektoriyalari
To‘lqin	Wave	Fizikaviy maydon xossasiga ega bo‘lgan biror fizikaviy

		kattalik o‘zgarishlarining tazoda tarqalishi
Kundalang to‘lqin	the current wave	Muhit holatining o‘zgarishlarini itodalovchi vektor kattaligi to‘lqinning tarqalish yo‘nalishiga tik bo‘lgan tekislikda yotuvchi t o‘lqin
Bo‘ylama to‘lqin	longitudinal wave	Muhit holatining o‘zgarishlarini tavsitlovchi vektor kattalik; to‘lqinning tarqalish yo‘nalishi bo‘yicha yo‘nalgan holdagi to‘lqin
To‘lqin sirti	The surface wave	Muayyan paytda to‘lqin yuzaga kelayotgan tebranishlar tazoda birday qiymatga ega bo‘lgan sirt
YAssi to‘lqin	flat wave	Tarqalish yo‘nalishi tazoning ham nuqtalarida bir xil bo‘lgan to‘lqin
Sterik to‘lqin	spherical wave	To‘lqin toronti steradan iborat bo‘lgan to‘lqinlar
To‘lqin energiyasi	wave energy	Mexanik to‘lqin tarqalishidagi muhit zarralarining kinetik va potentsial energiyalarining yig‘indisi
To‘lqin energiyasi oqimi	The flow of the wave energy	Vaqt birligida biror yuzadan to‘lqin olib o‘tayotgan energiya
Umov vektori	vector of Umov	Elektromagnitik maydonning energiya oqimi zichligi vektori
To‘lqin intensivligi	The intensity of the wave	To‘lqinni yuza birligidan vaqt birligida olib o‘tayotgan o‘rtacha energiyasi
To‘lqin interterentsiyasi	wave interference	Ikkita kogerent to‘lqiinni bir-biri bilan qo‘shilib kuchaytirishi yoki susaytirishi
Turg‘un to‘lqin	stationary wave	Turg‘un to‘lqinda tebranishlar amplitudasi hamma vaqt 0 ga teng bo‘ladigan nuqta
Tovush	sound	Gazsimon suyuq yoki qattiq muhitda elastik to‘lqinlarning tarqalish hamda shu to‘lqinlarning eshitish a’zosi tomonidan tiziologik qabul qilinishi
Tovush kuchi (kattaligi)	Sound power (size)	Akkustik to‘lqin uning tarqalish yo‘nalishiga tik yuzachadan olib o‘tadigan quvvatning shu yuzacha sohasiga nisbati
Tovush balandligi	volume	Muayyan tovushni eshitish ta’surotini itodalovchi hamda uning jadalligi takroriyligi va tebranishlari shakliga bog‘liq bo‘lgan kattalik
Tovush tenberi	sound tenberi	Tovush tebranishlarining spektral tarkibining sotligi
Bell	Bell	Tovush kuchining nisbiy logoritmik birligi
Ditsibell	Ditsibell	Tovush kuchining o‘nlik nisbiy logoritmik birligi

Dopler ettekti	Doppler effect	Tavush tebranishlari manbai va kuzatuvchi bir-biriga nisbatan harakatlanganda kuzatuvchi sezadigan tebranish chastotasi yoki to‘lqin uzunligining o‘zgarishi
Ultra tovush	Ultra sound	CHastotasi 20 kGts dan yuqori bo‘lgan tovushlar
Intratovush	Infrasound	CHastotasi 16 Gts dan past bo‘lgan tovushlar

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

"TASDIQLAYMAN"
O‘quv ishlari bo‘yicha prorektori
__________ D.Xolmatov
"___" __________ 2023-yil

NAZARIY MEXANIKA

FANINING

O‘QUV DASTURI

2-kurs uchun

Bilim sohasi:	**500000 – Tabiiy fanlar,matematika va statistika**
Ta’lim sohasi:	**530000 – Fizika va tabiiy fanlar**
Ta’lim yo`nalishi:	**60530900 – Fizika (kunduzgi)**

Namangan-2023

Fan/modlu' kodi NzM1407	O'quv yili 2023-2024	Semestr 4	ECTS-Kreditlar 7
Fan/modul' turi Majburiy	Ta'lim tili O'zbek		Haftadagi dars soatlari 4-semestr 6 soat
Fanning nomi	Auditoriya mashg'ulot-lari (soat)	Mustaqil ta'lim (soat)	Jami yuklama (soat)
Nazariy mexanika	90	120	210

I. Fanning mazmuni

Nazariy fizika bo'limlari fundamental bilimlarning asosi bo'lib, tabiat qonunlarini o'rganishda fundamental tushunchalar yordamida borliq haqida tasavvurga ega bo'lishni ta'minlaydi. Jumladan, "Nazariy mexanika" fanining dolzarbligi shundaki, aynan unda klassik mexanikaning asosiy fundamental tushunchalari kiritiladi. Uning miqyosida nazariy fizikada zarur bo'lgan metodologik va uslubiy asoslar beriladi, jumladan Lagranj va Gamilton formalizmlari yoritiladi. Ushbu uslublarning matematik apparati, zarur fundamental tushunchalar yoritilib, ularning amaliy masalalarni echishda qo'llanilishi qarab chiqiladi.

Mazkur fanni o'zlashtirishda matematik tahlil va analitik geometriya usullarini mukammal bilish, mexanika va molekulyar fizika asoslari, olamshumul tajribalar natijalari va ularning talqinlari bilan tanish bo'lish talab etiladi. SHu bilan birga, "Kompleks o'zgaruvchi funksiyasi" nazariyasini o'zlashtirish maqsadga muvofiq. "Nazariy mexanika" fani miqyosida o'zlashtirilgan bilimlar fizika fakultetida o'qitiladigan "Elektrodinamika", "Kvant mexanikasi", "Atom fizikasi", "Termodinamika va statistik fizika" kabi fanlarni o'zlashtirish uchun asos hisoblanib, ulardagi asosiy nazariy usullar aynan shu fan doirasida kiritiladi.

Fanning vazifasi: nisbiylik prinsipi natijalarini izohlash, klassik mexanikaning asosiy usullari - Lagranj, Gamilton, Gamilton-YAkobi usullarini fizik tizimlar va jarayonlarni yoritishda qo'llash, nazariy bilimlarni namunaviy fizik masalalarni echishda qo'llay olish, fan rivojiga hissa qo'shgan olimlarning hayoti xaqida, fanning rivojlanish tarixini o'rgatish.

II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari)

II.I. Fan tarkibiga quyidagi mavzular kiradi:

1-Mavzu. Kirish. Moddiy nuqta dinamikasi. Fizik hodisalarning turli sanoq sistemalarida invariantligi va ularning matematik ifodasi. Moddiy nuqtaning traektoriyasi, tezligi va tezlanishlarning dekart, sferik va silindrik koordinatalarda ifodasi. Galiley almashtirishlari. Sanoq sistemasi. Harakat qonunlari. Maydon tushunchasi va Nyuton tenglamalarining qo'llanish chegarasi.

2-Mavzu. Lagranj formalizmi. Umumlashgan koordinatalar. Fizik sistemalarni tavsiflash. Langraj funksiyasi. Ta'sir tushunchasi. Eng kichik ta'sir prinsipi. Lagranj-Eyler tenglamalari. Mexanikaning umumiy tenglamasi. Bog'lanish bor holdagi Langraj funksiyasi. Langraj funksiyasi va uning xossalari.

3-Mavzu. Nisbiylik prinsipi. Galileyning nisbiylik prinsipi. Fazo va vaqt tushunchasi, vaqtning bir jinsliligi, fazoning bir jinsliligi va izotropligi. Inersial sanoq sistemalari tushunchasi.

4-Mavzu. Fizik sistemalar Lagranj funksiyalari. O'zaro ta'sirlashayotgan moddiy nuqtalar sistemasi (tizimi) dinamikasi. Harakat tenglamalari. Moddiy nuqtaning impulsi, energiyasi va impuls momenti. Virial to'g'risidagi teorema. Ikki jism masalasi. Inersiya markazi tushunchasi.

5-Mavzu. Saqlanish qonunlari. Harakat integrallari tushunchasi. Fazo va vaqtning simmetriya xususiyatlari va ularga mos saqlanish qonunlari. Fizik sistemaning energiyasi, impulsi va impuls momentlari saqlanish qonunlari.

6-Mavzu. Harakat tenglamalarini integrallash. Harakat tenglamalarini saqlanuvchi kattaliklar vositasida integrallash. Bir o'lchamli harakatni integrallash, grafik tahlil. To'xtash nuqtalari tushunchasi. Siklik koordinata tushunchasi.

7-Mavzu. Markaziy maydondagi harakat. Markaziy maydondagi harakat, harakat tenglamalarini integrallash, grafik tahlil, traektoriyalarni sinflarga ajratish, markazga tushish muammosi. Kepler masalasi va uning qonunlarini izohlash. Markaziy maydondagi harakat integrali.

8-Mavzu. Zarralarning to'qnashuvi. Zarralarning o'z-o'zidan parchalanishi va sochilishi. Laboratoriya va inersiya markazi sistemalari tushunchasi va ularning parchalanish va sochilish masalalarida qo'llanilishi, kinematik manzaralar. Fazoviy burchak tushunchasi. Sochilishning ekvivalent masalasi. Sochilishning effektiv kesimi tushunchasi va uning ifodalari. Kulon maydonidagi harakat, Rezerford formulasi, uning qo'llanilishi va xususiy hollari.

9-Mavzu. CHiziqli kichik tebranishlar. Fizik sistemaning barqaror (turg'un) muvozanat holati (nuqtasi) tushunchasi va uning atrofidagi harakat. Bir o'lchamli erkin va majburiy tebranishlar, ularning Lagranj funksiyalari va harakat tenglamalari. Rezonans hodisasi. Ko'p erkinlik darajasiga ega sistemaning tebranishlari, Lagranj funksiyalari va harakat tenglamalari. Normal koordinatalar tushunchasi va normal tebranishlar, ularning xususiy chastotalari. So'nuvchi tebranishlar, ularning Lagranj funksiyalari, harakat tenglamalari, dissipativ funksiya tushunchasi. Molekulaning tebranishlari. So'nish bor vaqtdagi majburiy tebranishlar. Nochiziqli tebranishlar. Adiabatik invariantlar. Parametrik rezonans. Tez tebranib o'zgaruvchi maydondagi harakat.

10-Mavzu. Kanonik formalizm. Dinamikaning Gamilton shakli. Gamilton funksiyasi. Gamiltonning kanonik ko'rinishdagi harakat tenglamalari. Relyativistik mexanikada Gamilton funksiyasi. Gamilton va Lagranj funksiyalari orasidagi bog'lanish. Gamilton tenglamalarini variatsiya prinsipi asosida keltirib chiqarish. Kanonik almashtirishlar tushunchasi, ta'rifi va ularning hosil qiluvchi funksiyalari turlari. Puasson qavslari va ularning xususiyatlari. Mexanikaning simmetrik tenglamasi. Rauss funksiyasi. Mopertyui prinsipi, qisqartirilgan ta'sir tushunchasi. Fazaviy fazo tushunchasi va Liuvill teoremasi.

11-Mavzu. Fizik sistemani tavsiflashning Gamilton-Yakobi usuli. Gamilton-YAkobi tenglamasi, xususiy hosilali differensial tenglamalar. O'zgaruvchilarni ajratish usuli. Ta'sir-burchak o'zgaruvchilari va adiabatik invariantlar.

12-Mavzu. Qattiq jism harakati. Qattiq jism harakatini o'rganishda qo'zg'almas va qo'zg'alinuvchan sanoq sistemalari. Burchak tezlik tushunchalari. Eyler burchaklari tushunchasi va aniqlanishi. Kattiq jism kinetik momenti va energiyasi. Inersiya tenzori va uning hususiyatlari. Qattiq jism inersiya momenti. Qattiq jism harakat tenglamalari. Kuch momenti. Eyler tenglamalari. Simmetrik pirildoq harakati. Inersiya kuchlari. Noinersional sanoq sistemalaridagi harakat. Tutash muhitlar mexanikasi tushunchasi. Tutash muhit - ko'p zarrali sistemaning modeli sifatida. Ideal suyuqlik harakat tenglamalari. Gidrostatika. Bernulli integrali. Tovush to'lqinlari.

II.2. Ma'ruza mavzularini taqsimlanishi

№	Mavzular	Soati
1	Kirish.	2
2	Lagranj formalizmi.	2
3	Nisbiylik prinsipi.	2
4	Fizik sistemalarning Lagranj funksiyalari.	2
5	Saqlanish qonunlari.	2
6	Harakat tenglamalarini integrallash.	2

	7	Markaziy maydondagi harakat.	2
	8	Zarralarning to‘qnashuvi.	2
	9	CHiziqli kichik tebranishlar.	2
	10	CHiziqli kichik tebranishlar.	2
	11	Kanonik formalizm.	2
	12	Kanonik formalizm.	2
	13	Fizik sistemani tavsiflashning Gamilton-YAkobi usuli.	2
	14	Qattiq jism harakati.	2
	15	Qattiq jism harakati.	2
		JAMI	**30**

III. Amaliy mashg‘ulotlar

Har bir amaliy mashg‘ulot, dastlab maqsad va mavzuga oid nazariy bilimlarni va formulalarni qisqacha yoritishdan boshlanadi. Har bir amaliy mashg‘ulotda bajarish uchun berilgan ma’lumotlarga tayanib, namunaviy masalalar echiladi, hamda talabalarga alohida variantlar taklif etiladi. Amaliy mashg‘ulotlarni tashkil etish bo‘yicha, odatda kafedra professor-o‘qituvchilari tomonidan uslubiy ko‘rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda talabalar asosiy ma’ruza mavzulari bo‘yicha olgan bilim va ko‘nikmalarni amaliy va namunaviy masalalar echish orqali yanada boyitadilar. Bunga jamoa bo‘lib mashq qilish va mustaqil ishlash yo‘li bilan erishiladi. Mustaqil ishlashda darsliklarni, o‘quv qo‘llanmalarni, uslubiy qo‘llanmalarni, tarqatma va ko‘rgazmali ashyolarning ahamiyati kattadir.

III.2. Amaliy mashg’ulot mavzularini taqsimlanishi

	№	Amaliy mashg‘ulotlar mavzulari	Soati
	1	Lagranj funksiyasi va tenglamalarini tuzish.	2
	2	Galileyning nisbiylik prinsipi. Ekvivalent Lagranj funksiyalarini topish.	2
	3	Mexanik sistemalarning Lagranj funksiyasini tuzish.	4
	4	Saqlanish qonunlari. Harakat integrallari.Energiyani hisoblash.	2
	5	Siklik koordinatalalar tushunchasi, impuls va impuls momentini xisoblash.	2
	6	Harakat tenglamalarini integrallash, grafik tahlil. Bir o‘lchamli harakatni integrallash. Davrning energiyaga bog‘likligini va to‘xtash nuqtalarini topish.	4
	7	Markaziy maydondagi harakat, grafik tahlil, harakat integrallari. Kepler masalasi va qonunlari. Turli maydondagi harakat tenglamalarini integrallash.	6
	8	Kepler masalasidagi harakat traektoriyalarini sinflarga ajratish.	2
	9	Zarralar to‘qnashuvi. Zarralarning to‘qnashuvi masalalarida	2

		turli sanoq sistemalaridan foydalanish.	
	10	Zarralar sochilishining effektiv kesimi tushunchasi. Effektiv kesimlarni hisoblash.	2
	11	Kichik tebranishlar Bir o'lchovli erkin tebranishlar, chastotani topish. Majburiy tebranishlar, keyingi amplitudani hisoblash.	4
	12	Ko'p o'lchovli tebranishlar, normal tebranishlarni topish.	2
	13	So'nuvchi tebranishlar. So'nish mavjud bo'lgandagi majburiy tebranishlar. Nochiziqli tebranishlar.	4
	14.	Kanonik tenglamalar. Gamilton funksiyasi. Gamilton funksiyasi va tenglamalarini tuzish. Puasson qavslarini hisoblash.	4
	15	Lagranj va Gamilton funksiyalari orasidagi bog'lanish.	2
	16	Kanonik almashtirishlar. Kanonik almashtirishlarni topish va turlari. Hosil qiluvchi funksiyalar turi.	4
	17	O'zgaruvchilarni ajratish usuli. Gamilton-YAkobi tenglamasini qo'llash.	4
	18	Kattiq jism kinetik momenti va energiyasi. Inersiya tenzori, kinetik energiyalarni hisoblash.	4
	19	Qattiq jism impuls momentini hisoblash. Qattiq jism harakat tenglamalarini tuzish.	4
		JAMI	**60**

IV. Mustaqil ta'limni tashkil etish shakli va mazmuni

Mustaqil ishni tayyorlashda nazariy olingan bilimlar amaliy mashg'ulotlarda puxtalanib, auditoriya mashqlari va uy vazifalari sifatida amalga oshiriladi.Uy vazifa daftarlari muttasil ravishda tekshirilib boriladi. «Nazariy mexanika » fanining xususiyatlarini hisobga olgan holda talabaga quyidagi shakllardan foydalanish tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar, elektron manbalar bo'yicha fan boblari va mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallardan foydalangan holda fanning ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- maxsus adabiyotlardan foydalangan holda, fan bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- fanning talabaning o'quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog'liq bo'lgan bo'limlarini va mavzularini chuqur o'rganish;

IV. Mustaqil ta'lim mavzularini taqsimlanishi

	№	Ishchi o'quv dasturining mustaqil ta'limga oid mavzular	Soati
	1	Amaliy mashg'ulotga tayyorgarlik va uy azifalarini bajarish	20
	2	Konservativ va nokonservativ sistemalar. Mexanik o'xshashlik usuli. Ortogonal koordinata sistemalari orasidagi o'tishlarni o'rganish	10
	3	Elastik va noelastik to'qnashuv. Fazoviy burchak. Kichik	10

		burchaklarga sochilishni o'rganish.	
	4	Tabiatdagi to'lqin hodisalari. Molekulalar tebranishi. Nochiziqli tebranishlar, parametrik tebranishlar. Differensial tenglamalarni o'rganish va takrorlash.	10
	5	Rauss funksiyasi. Xususiy hollar.YAkobi ayniyatlari. Variatsiyalashni takrorlash Tenzorlar ustida amallarni o'rganish va takrorlash	20
	6	Asimmetrik pirildoq. Inersiya kuchlari Tutash muhitlarning asosiy modellari. Bernulli tenglamalari. Nave-Stoks tenglamasi, tenzorlar xossalarini o'rganish va takrorlash.	10
	7	Oraliq va yakuniy nazoratlarga tayyorgarlik	20
	8	Konservativ va nokonservativ sistemalar. Mexanik o'xshashlik usuli. Ortogonal koordinata sistemalari orasidagi o'tishlarni o'rganish	20
		JAMI	**120**

V. Fan o'qitilishining natijalari (shakllanadigan kompetensiyalar)

- fizik hodisalarning turli sanoq sistemalarida invariantligi, Galiley almashtirishlari, inersial sanoq sistemalari, Maydon tushunchasi, eng kichik ta'sir prinsipi, ta'sir tushunchasi, fazo va vaqtning simmetriya xususiyatlari, harakat integrallari va saqlanish qonunlari tushunchasi, markaziy maydondagi harakat, grafik tahlil, Kulon maydonidagi harakat, zarralarning o'z-o'zidan parchalanishi va sochilishi, normal koordinatalar tushunchasi, Puasson qavslari va ularning xususiyatlari, qattiq jism harakat tenglamalari, inersiya tenzori va uning xususiyatlari, Eyler tenglamalari, ideal suyuqlik harakat tenglamalari **haqida** ***tasavvurga ega bo'lishi;***
- nisbiylik prinsipi natijalarini anglay va izohlay olishni, klassik mexanikaning asosiy metodlari – Lagranj, Gamilton, Gamilton-YAkobi metodlarini fizik sistemalar va jaraenlarni yoritishda qo'llashni, nazariy bilimlarni namunaviy fizik masalalarni turli usullar bilan hal qilishga qo'llashni, turli maydonlardagi harakatni, saqlanish qonunlarini, klassik sochilish nazariyasini ***bilishi va ulardan foydalana olishi***;
- vektor va tenzorlar analizi apparatidan foydalanilgan holda nisbiylik prinsipi asosida mexanik sistemalarni yoritish, klassik mexanikaning asosiy metodlari – Lagranj, Gamilton, Gamilton-YAkobi metodlarini amaliyotda qo'llay bilish, nazariy bilimlarini real fizik masalalar, jumladan turli maydonlardagi harakatlarni yoritish va hal qilishga qo'llash, harakat tenglamalarini topish va ularni integrallash, fundamental tushunchalar asosida tabiat qonunlarini anglay va izohlay olish **ko'nikmalariga ega bo'lishi kerak.**

VI. Ta'lim texnologiyalari va metodlari:

- ma'ruzalar;
- interfaol keys-stadilar;
- seminarlar (mantiqiy fiklash, tezkor savol-javoblar);

	• guruhlarda ishlash; • taqdimotlarni qilish; • individual loyihalar; jamoa bo'lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar.	
	VII. Kreditlarni olish uchun talablar: Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, tahlil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan jarayonlar haqida mustaqil mushohada yuritish va joriy, oraliq nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy baholash bo'yicha yozma ishni topshirish.	
	BAHOLASH MEZONLARI	
	Joriy nazoratdagi baholar taqsimoti (Semestr davomida)	
	Talabalarning fanlarni o'zlashtirishi 5 baholik tizimda baholanadi. Talabaning fan bo'yicha o'zlashtirishini baholashda quyidagi namunaviy mezonlarga asoslaniladi: Baholash turlari bo'yicha tuzilgan savollar (topshiriqlar) mazmuni (oddiydan murakkabgacha) baholash mezonlariga muvofiq talabaning o'zlashtirishini xolis (ob'ektiv) va aniq baholash imkoniyatini beriladi. Buning uchun mas'uliyat fan o'qituvchisi hamda kafedra mudiriga yuklatiladi. Savollar (topshiriqlar) tarkibiga fan dasturidan kelib chiqqan holda nazariy materiallar bilan birga mustaqil ish, laboratoriya ishlari va amaliy mashg'ulotlari materiallari ham kiritiladi.	
	Amaliy mashg'ulot	**Amaliy mashg'uloti.** Amaliy mashg'ulotlari rejadagi mavzular bo'yicha bajarilishi 5 baholi tizimda baholanadi. Amaliy ishi quyidagicha baholanadi: • amaliy topshiriq to'liq bajarilgan va xulosa chiqarilgan bo'lsa, mavzu bo'yicha nazariy savollarga tog'ri va aniq javob berilsa, – 5 baho; • amaliy topshiriq to'liq bajarilgan va xulosa chiqarilgan bo'lsa, mavzu bo'yicha nazariy savollarga tog'ri va aniq javob berilmasa, – 4 baho; • amaliy topshiriq to'liq bajarilgan va xulosa chiqarilmagan bo'lsa, mavzu bo'yicha nazariy savollarga qisman javob berilsa– 3 baho; amaliy topshiriq to'liq bajarilmagan va xulosa chiqarilmagan bo'lsa, mavzu bo'yicha nazariy savollarga kamchilik bilan javob berilsa– 2 baho.
	Talabalarning mustaqil ishi	Talabalarning mustaqil ishi (TMI) sifatida har bir tanlangan mavzu bo'yicha belgilangan topshiriqlarni bajarilishi 5 baholi tizimda baholanadi. Mustaqil ta'lim quyidagicha baholanadi: • mavzu mohiyati to'liq yoritib berilgan, to'g'ri xulosa

		chiqarilgan va savol bo'yicha ijodiy fikrlarni bildirilgan bo'lsa – 5 baho; • mavzu mohiyati yoritib berilgan va savollarga javob berilsa – 4 baho; • mavzu mohiyatini yoritishda kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa – 3 baho; • mavzu mohiyatini xato yoritilgan, savollarga javob berilmasa – 2 baho.
	Oraliq nazorat (Semestrda tasdiqlangan jadval asosida)	Oraliq baho fanning bo'limlari bo'yicha yozma ko'rinishida 2 marta o'tkaziladi. Har bir ONda 1 tadan nazariy savol va 2 tadan masala bo'lib, ularni har biri bajarilgan ish hajmi va sifatiga qarab 5 baholi tizimda baholanadi. ON quyidagicha baholanadi: • Savol va masala topshiriqlarni to'la va to'g'ri bajarilgan bo'lsa – 5 baho; • Savol va masala topshiriqlarni to'g'ri bajarilgan bo'lsa – 4 baho; • Savol topshirig'ini to'g'ri bajarilgan bo'lsa – 3 baho; Savol va masala topshiriqlar bajarilmagan bo'lsa – 2 baho.
	Yakuniy nazorat (Semestrning oxirgi haftasida, tasdiqlangan jadval asosida)	Yakuniy nazorat alohida mavzularga asoslangan ikkita nazariy savol va bitta masala topshiriqdan tashkil topgan yozma ish shaklida o'tkaziladi. Nazariy savol bo'yicha mavzudagi tayanch tushuncha va iboralar mohiyati: • Savollar va masala topshiriqlarni to'la va to'g'ri bajarilgan bo'lsa – 5 baho; • Savollar va masala topshiriqlarni to'g'ri bajarilgan bo'lsa – 4 baho; • Savollar yoritilgan, ammo ayrim kamchiliklari bor bo'lsa – 3 baho; Savollar chala yoritilgan bo'lsa va notog'ri tushunchalar keltirilgan – 2 baho bilan baholanadi.
	IIX. Asosiy va qo'shimcha o'quv adabiyotlar hamda axborot manbalari **Asosiy adabiyotlar** 1. Fayzullaev B. Nazariy fizika kursi I. Nazariy mexanika. Toshkent, 2011. 2. Landau L.D., Lifshits E.M. Mexanika. M., Nauka, 1988, 208 s 3.Tom W. B. Kibble, Frank H. Berkshire, Classical mechanics, Imperial College Press, 2004 4. Ландау Л., Лифшиц Е., Розенкевич Л. Задачи по теоретической физике. Ч.I. Механика. Харьков, 1935.	

	Qo'shimcha adabiyotlar 1. Ahmadxo'jayev B. Nazariy mexanika. Toshkent. 2006. 2. Goldsteyn G. Klasicheskaya mexanika. M., Nauka, 1975, 405 s 3. Savelev I. V. Osnovы teoreticheskoy fiziki. T. 1. M.: Nauka, 1991. 469 **Internet manbaalari** 1. www.msu.ru/libraries 2. www.bib.convdocs.org 3. www.twirpx.com 4. www.mat.net.ua
	Namangan davlat universiteti tomonidan ishlab chiqilgan va tasdiqlangan: - "Fizika" kafedrasining 2023-yil, "___"-iyundagi № ____-sonli majlisida muhokama qilingan va tasdiqqa tavsiya etilgan. - Fizika fakulteti kengashining 2023-yil, "___"-iyuldagi № ____-sonli majlisida ma'qullangan va tasdiqqa tavsiya etilgan. - NamDU o'quv-uslubiy kengashining 2023-yil, "___"-iyuldagi № ____- sonli majlisida muhokama qilingan va tasdiqlangan.
	Fan/modul uchun mas'ul: A.B. Davlatov - Namangan davlat universiteti fizika kafedrasi katta o'qituvchisi
	Taqrizchi: Sh. Inoyatov- Namangan davlat universiteti fizika o'qitish metodikasi kafedrasi mudiri. A. Nabiyev- Namangan davlat universiteti fizika kafedrasi dotsenti

NamDU o'uv-uslubiy boshqarma boshlig'i **X. Mirzaaxmedov**

Fizika fakulteti dekani **O. Ismanova**

Fizika kafedrasi mudiri **B. Abdulazizov**

Tuzuvchi **A. Davlatov**

NAZARIY MEHANIKA FANIDAN TEST SAVOLLARI

№1 Фан боб -1; Фан бўлим – 2; Қийинчилик даражаси – 1 ;

To’g’ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda ko’chish formulasi
* $s = s_0 + v_0 t + w^0_{\acute{o}\eth}\frac{t^2}{2}$
$s = s_0 + v_0 t$
$s = s_0$
$s = s_0 + v_0 t + w^0_{yp} t$

№ 2 Фан боб – 4 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Dalamber-Lagranj prinsipi
* $\sum_{i=1}^{N} (\vec{F} - m_i \vec{w}_i)\delta\vec{r}_i = 0$
$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j$
$\sum_{i=1}^{n} A_{\rho i} dq_i + A_\rho dt = 0 \quad \left(\rho = \overline{1, r}\right)$
$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}) = Q_j$

№3 Фан боб – 4 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Lagranjni ikkinchi xil tenglamasini ko’rsating.
* $\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j \quad j = 1,2,...,n$.
$\sum_{i=1}^{N} (\vec{F} - m_i \vec{w}_i)\delta\vec{r}_i = 0$
$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}) = Q_j$
$H(q,p,t) = \left(\sum \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\dot{q}_i - L\right)_{\dot{q}_i \to p_i}$

№ 4 Фан боб – 4 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Gamilton funksiyasi ko’rsating.
* $H(q,p,t) = \left(\sum \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\dot{q}_i - L\right)_{\dot{q}_i \to p_i}$
$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j$
$\sum_{i=1}^{N} (\vec{F} - m_i \vec{w}_i)\delta\vec{r}_i = 0$
$\left(\sum \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\dot{q}_i - L\right)_{\dot{q}_i \to p_i}$

№ 5 Фан боб – 4; Фан бўлим –3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Raus tenglamalarini ko'rsating
$*\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_i}=Q_i+\sum_{\rho=1}^{r}\lambda_\rho A_{\rho i} \quad \left(i=\overline{1,n}\right) \qquad \sum_{i=1}^{n} A_{\rho i}dq_i + A_\rho dt = 0 \quad \left(\rho=\overline{1,r}\right)$
$H(q,p,t)=\left(\sum\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\dot{q}_i - L\right)_{\dot{q}_i\to p_i}$
$\frac{d}{dt}(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}) = Q_j$
$\sum_{i=1}^{n} A_{\rho i}dq_i + A_\rho dt = 0 \quad \left(\rho=\overline{1,r}\right)$

№6 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Tekis o'zgaruvchan harakatda $\varphi(t)$ ifodani toping.
$\varphi=\varphi_0+\omega_0 t+\varepsilon_0\frac{t^2}{2}$
$\omega=\varpi_0+\varepsilon_0 t$
$\varphi=\varphi_0+\omega_0 t$
$\varphi=\varphi_0$

№ 7 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatining zaruriy va yetarli shartlari qaysi javobda noto'g'ri berilgan?
*shu kuchlar tasir chiziqlari kesishgan nuqtaga nisbatan bosh momenti nolga teng bo'lishi zarur va yetarli
shu kuchlardan yasalgan kuch ko'pburchagining yopiq bo'lishi zarur vayetarli
shu kuchlarning koordinata o'qlaridagi proeksiyalarining yig'indisi alohida-alohida nolga teng bo'lishi zarur vayetarli
shu kuchlarning bosh vektori nolga teng bo'lishi zarur vayetarli.

№ 8 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatining zaruriy va yetarli shartlari qaysi javobda to'g'ri berilgan?
$\sum F_{kx}=0, \sum F_{ky}=0, \sum F_{kz}=0$ bo'lishi zarur va yetarli
shu kuchlardan yasalgan kuch ko'pburchagining yopiq bo'lishi yetarli
$\sum_{u=1}^{m} F_i = 0$ bo'lishi zarur va yetarli
shu kuchlarning bosh vektori nolga teng bo'lishi kerak

№ 9 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Statika masalalarining yechish tartibi qaysi javobda to'g'ri berilgan?
Muvozanati tekshirilayotgan jismni (obyektni) tanlab olinadi; jism yoki obyekt erkin holga keltiriladi; muvozanat shartlari tuziladi; izlanayotgan noma'lumlar aniqlanadi
Muvozanati tekshirilayotgan jismni (obyektni) tanlab olinadi; muvozanat shartlari tuziladi; jism yoki obyekt erkin holga keltiriladi; izlanayotgan nomalumlar aniqlanadi
Jism yoki obyekt erkin holga keltiriladi; muvozanati tekshirilayotgan jismni (obyektni) tanlab olinadi; muvozanat shartlari tuziladi; izlanayotgan noma'lumlar aniqlanadi;
Muvozanati tekshirilayotgan jismni (obyektni) tanlab olinadi; jism yoki obyekt erkin holga keltiriladi; izlanayotgan

nomalumlar aniqlanadi; muvozanat shartlari tuziladi.

№ 10 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 14 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Puanso teoremasi qaysi javobda berilgan?
Absolyut qattiq jismga tasir etayotgan kuchni jismga tasirini o'zgartirmay, jismning istalgan nuqtasiga qo'yilgan o'ziga parallel bo'lgan kuch bilan berilgan kuchning ko'chirish nuqtasiga nisbatan olingan momentiga almashtirish mumkin
Bir tekislikda joylashgan juftlar sistemasi momenti shu juftlar momentlarining algebraik yig'indisiga teng va ushbu tekislikda joylashgan bitta juftga ekvivalent bo'ladi
Absolyut qattiq jismga tasir etuvchi juftning tasirini o'zgartirmay, momenti shu juft momentiga teng bo'lgan va shu juft tekisligida joylashgan boshqa istalgan juftga almashtirish mumkin
Tekislikdagi kesishuvchi kuchlar sistemasi teng tasir etuvchisining ihtiyoriy markazga nisbatan momenti barcha kuchlarning shu markazga nisbatan momentlarining algebraik yig'indisiga teng.

№11 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Kuchlar sistemasining bosh vektori deb qanday kattalikka aytiladi?
Sistemadagi barcha kuchlarning geometrik yig'indisiga teng bo'lgan kuchga
Sistemadagi barcha kuchlarning modul bo'yicha eng kattasiga teng bo'lgan kuchga
Sistemadagi barcha kuchlarning biror markazga nisbatan momentlari yig'indisiga teng bo'lgan kattalikka
Sistemadagi barcha kuchlarning biror markazga nisbatan eng katta moment beruvchi kuchga.

№ 12 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Quyida keltirilgan tasdiqlarning qaysi biri noto'g'ri?
Agar berilgan kuchlar sistemasi uchun $\vec{R} \neq 0$ bo'lsa, u holda bu kuchlar sistemasi yagona juftga keltiriladi
Agar berilgan kuchlar sistemasi uchun $\vec{R} = 0$ va $M_O = 0$ bo'lsa, u holda bu kuchlar sistemasi muvozanatda bo'ladi
Agar berilgan kuchlar sistemasi uchun $\vec{R} = 0$ va $M_O \neq 0$ bo'lsa, u holda bu kuchlar sistemasi yagona juftga keltiriladi
Agar berilgan kuchlar sistemasi uchun $\vec{R} \neq 0$ bo'lsa, u holda bu kuchlar sistemasi yagona kuchga keltiriladi.

№13 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Juft kuchning to'g'ri ta'rifini toping.
Modul jihatidan teng, yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lgan ikki parallel kuchlar sistemasi juft kuch deyiladi
Modul jihatidan teng, yo'nalishlari bir xil bo'lgan ikki parallel kuchlar sistemasi juft kuch deyiladi
Modul jihatidan teng, bir nuqtaga qo'yilgan, yo'nalishlari perpendikulyar bo'lgan ikki kuch sistemasi juft kuch deyiladi
Berilgan ihtiyoriy ikki parallel kuchlar sistemasi juft kuch deyiladi.

14 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Tekislikda ihtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishining zaruriy vayetarli shartlari qaysi javobda to'g'ri berilgan?
sistemaning bosh vektori va bosh momenti bir vaqtda nolga teng bo'lishi
sistemaning bosh momenti nolga teng bo'lishi
sistemaning bosh vektori nolga teng bo'lishi
kuch ko'pburchagining yopiq bo'lishi.

№ 15 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Juft kuchning to'g'ri ta'rifini toping.
Modul jihatidan teng, yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lgan ikki parallel kuchlar sistemasi juft kuch deyiladi
Modul jihatidan teng, yo'nalishlari bir xil bo'lgan ikki parallel kuchlar sistemasi juft kuch deyiladi
Modul jihatidan teng, bir nuqtaga qo'yilgan, yo'nalishlari perpendikulyar bo'lgan ikki kuch sistemasi juft kuch deyiladi
Berilgan ihtiyoriy ikki parallel kuchlar sistemasi juft kuch deyiladi.

№ 16 Фан боб – 3; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Tekislikda ihtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishining zaruriy vayetarli shartlari qaysi javobda to'g'ri berilgan?
sistemaning bosh vektori va bosh momenti bir vaqtda nolga teng bo'lishi

sistemaning bosh momenti nolga teng bo'lishi
sistemaning bosh vektori nolga teng bo'lishi
kuch ko'pburchagining yopiq bo'lishi.

№ 17 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Tekislikda ihtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishining zaruriy va yetarli shartlari qaysi javobda to'g'ri berilgan?
$\sum F_{kx}=0,\ \sum F_{ky}=0,\ \sum m_O(\vec{F}_k)=0$
$\sum m_O(\vec{F}_k)=0$
$\sum F_{kx}=0,$
$\sum m_C(\vec{F}_k)=0$

№ 18 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanatining qaysi shartlariga hech qanday chegaralanishlar qo'yilmagan?
*$\sum F_{kx}=0,\ \sum F_{ky}=0,\ \sum m_O(\vec{F}_k)=0$
$\sum F_{kx}=0,\ \sum m_A(\vec{F}_k)=0,\ \sum m_B(\vec{F}_k)=0$
$\sum m_A(\vec{F}_k)=0,\ \sum m_B(\vec{F}_k)=0$
barcha shartlarga chegaralanishlar qo'yilmagan

№ 19 Фан боб – 1; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Nuqta harakatining vaqt birligida o'zgarishini ifodalaydigan kattalik ... deb ataladi? Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
tezlik
tezlanish
ko'chish
bosib o'tgan yo'l

№ 20 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqtaning harakati davomida fazoda qoldirgan iziga nima deb ataladi?
traektoriya
tezlik
tezlanish
ko'chish

№ 21 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqtaning harakati davomida tezlikning vaqt birligida o'zgarishini ifodalaydigan kattalik ... deb ataladi? Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
tezlanish
tezlik
ko'chish
bosib o'tgan yo'l

№ 22 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Nuqtaning tezligi traektoriyaga qanday yo'nalgan bo'ladi?
urinma bo'ylab
tashqi normal bo'ylab
ichki normal bo'ylab
aylanish markaziga tomonga.

№ 23 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta tezligini aniqlash formulasi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

$* \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$
$\vec{v} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$
$\vec{v} = \frac{d^2\vec{r}}{dt}$
$\vec{v} = \sqrt{\frac{d\vec{r}}{dt}}$.

№ 24 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta harakati koordinatalar usulida berilganda uning tezligi qanday formulalar yordamida aniqlanadi?
$v_x = \frac{dx}{dt},\ v_y = \frac{dy}{dt},\ v_z = \frac{dz}{dt};\ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$
$v_x = \frac{d^2x}{dt^2},\ v_y = \frac{d^2y}{dt^2},\ v_z = \frac{d^2z}{dt^2};\ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$
$v_x = \frac{d^2x}{dt},\ v_y = \frac{d^2y}{dt},\ v_z = \frac{d^2z}{dt};\ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$
$v_x = \frac{dv_x}{dt},\ v_y = \frac{dv_y}{dt},\ v_z = \frac{dv_z}{dt};\ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$

№25 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqta harakati koordinatalar usulida berilganda uning tezlanishi qanday formulalar yordamida aniqlanadi?
$a_x = \frac{d^2x}{dt^2},\ a_y = \frac{d^2y}{dt^2},\ a_z = \frac{d^2z}{dt^2};\ a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$
$a_x = \frac{dx}{dt},\ a_y = \frac{dy}{dt},\ a_z = \frac{dz}{dt};\ a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$
$a_x = \frac{d^2x}{dt},\ a_y = \frac{d^2y}{dt},\ a_z = \frac{d^2z}{dt};\ a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$
$a_x = \frac{da_x}{dt},\ a_y = \frac{da_y}{dt},\ a_z = \frac{da_z}{dt};\ a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

№ 26 Фан боб – 1; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta tezligining modulini aniqlash formulasi qaysi javobda to’g’ri berilgan?
$* \lvert\vec{v}\rvert = \left\lvert\frac{d\vec{r}}{dt}\right\rvert$
$\lvert\vec{v}\rvert = \left\lvert\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}\right\rvert$
$\lvert\vec{v}\rvert = \left\lvert\frac{d^3\vec{r}}{dt^3}\right\rvert$
$\lvert\vec{v}\rvert = \left\lvert\frac{d^4\vec{r}}{dt^4}\right\rvert$

№ 26 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqta tezlanishining modulini aniqlash formulasi qaysi javobda to’g’ri berilgan?
$a_\tau = \frac{dv}{dt},\quad a_n = \frac{v^2}{\rho};\quad a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$
$\lvert\vec{W}\rvert = \left\lvert\frac{d^3\vec{r}}{dt^3}\right\rvert$
$\lvert\vec{W}\rvert = \left\lvert\frac{d\vec{r}}{dt}\right\rvert$
$W = \frac{dx}{dt}$

№ 27 Фан боб – 1; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta tezlanishining urinma tashkil etuvchisi qaysi javobda to'g'ri berilgan?
$W_\tau = \dfrac{d\,v}{d\,t}$
$W_\tau = \dfrac{d^2 v}{d\,t^2}$
$W_\tau = \dfrac{v^2}{\rho}$
$W = \dfrac{dx}{dt}$

№ 28 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqtaning harakati $x = a\cos\omega t$, $y = b\sin\omega t$ $(a \neq b$ - o'zgarmas kattaliklar) tenglamalar orqali berilgan bo'lsa, nuqta harakati traektoriyasini toping.
*ellips
aylana
parabola
to'g'ri chiziq

№ 29 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqtaning harakati $x = a\cos\omega t$, $y = b\sin\omega t$ $(a = b$ - o'zgarmas kattaliklar) tenglamalar orqali berilgan bo'lsa, nuqta harakati traektoriyasini toping.
aylana
ellips
parabola
to'g'ri chiziq

№ 30 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqtaning harakati $x = a\cos\omega t$, $y = b\sin^2\omega t$ $(a, b$ - o'zgarmas kattaliklar) tenglamalar orqali berilgan bo'lsa, nuqta harakati traektoriyasini toping.
*parabolaning bir qismi
aylana
ellips
to'g'ri chiziq

№ 31 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqtaning harakati $x = a\cos\omega t$, $y = b\cos\omega t$ $(a, b$ - o'zgarmas kattaliklar) tenglamalar orqali berilgan bo'lsa, nuqta harakati traektoriyasini toping.
*to'g'ri chiziq kesmasi
aylana
ellips
parabola

№ 32 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Nuqta $x = r\cos\omega t$, $y = r\sin\omega t$ $(r, \omega$ - o'zgarmas kattaliklar) tenglamalar bo'yicha harakat qilsa, nuqta tezlanishining moduli qanday ko'rinishda bo'ladi?
*$a = r\,\omega^2$
$a = r\,\omega$

$a = r\,\omega + r\,\omega^2$
$a = \sqrt{r^2 + \omega^4}$

№ 33 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3;

Nuqta $x = r\cos\omega t,\ y = r\sin\omega t$ $(r, \omega$ - o'zgarmas kattaliklar) tenglamalar bo'yicha harakat qilsa, nuqtaning tezlanish vektori qanday ko'rinishda bo'ladi?
$*\vec{a} = -r\,\omega^2\,(\cos\omega t\cdot\vec{i} + \sin\omega t\cdot\vec{j})$
$\vec{a} = -r\,\omega^2\,(\sin\omega t\cdot\vec{i} + \cos\omega t\cdot\vec{j})$
$\vec{a} = r\,\omega^2\,(\sin\omega t\cdot\vec{i} + \cos\omega t\cdot\vec{j})$
$\vec{a} = r\,\omega^2\,(\cos\omega t\cdot\vec{i} + \sin\omega t\cdot\vec{j})$

№ 34 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Nuqtaning egri chiziqli harakatidagi urinma tezlanishi traektoriyaga qanday yo'nalgan bo'ladi?
*urinma yo'nalishda
normal yo'nalishda
binormal yo'nalishda
egri chiziqli harakatda urinma tezlanish nolga teng bo'ladi

№ 35 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Massasi $m = 4$ kg bo'lgan moddiy nuqta $x = 5\sin 3t$ (m) qonunga ko'ra $\vec{F}$ kuch tasirida to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. $\vec{F}$ kuch modulining eng katta qiymatini toping.
180 N
240 N
60 N
120 N

№ 36 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Massasi $m = 2$ kg bo'lgan moddiy nuqta $x = 5\sin 3t$ (m) qonunga ko'ra $\vec{F}$ kuch tasirida to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. $\vec{F}$ kuch modulining eng katta qiymatini toping.
*90 N
30 N
60 N
120 N

№ 37 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Massasi $m = 2$ kg bo'lgan moddiy nuqta $x = 5\sin 4t$ (m) qonunga ko'ra $\vec{F}$ kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. $\vec{F}$ kuch modulining eng katta qiymatini toping.
*160 N
240 N
80 N
10 N

№ 38Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Fazodagi kuchlar sistemasining vektorli muvozanat shartlari:
$*\,\overline{R} = 0\ \ \overline{M}_0 = 0$
$\overline{R} \neq 0\quad M_0 = 0$
$\overline{R} = 0\quad M_0 \neq 0$
$\overline{R} \neq 0\quad M_0 \neq 0$

№ 39 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Dekart koordinata sistemasida tezlik miqdori va yo'nalishi qanday aniqlanadi ?

* $V=\sqrt{\dot x^2+\dot y^2+\dot z^2},\ \cos(\overline{V}^\wedge \bar i)=\frac{x}{V}, \qquad \cos(\overline{V}^\wedge \bar j)=\frac{\dot y}{V},\ \cos(\overline{V}^\wedge \bar k)=\frac{\dot z}{V}$
$V=\sqrt{\dot x^2+\dot z^2}\ ,\ \cos(\overline{V}^\wedge \bar i)=\frac{\dot x^2}{V} \qquad \cos(\overline{V}^\wedge \bar j)=\frac{\dot y}{\overline{V}},\ \cos(\overline{V}^\wedge \bar k)=\frac{\dot z}{V}$
$V=\sqrt{\dot y^2+\dot z^2},\ \cos(\overline{V}^\wedge \bar i)=\frac{\dot x}{V}, \qquad \cos(\overline{V}^\wedge \bar i)=\frac{\dot y^2}{V},\cos(\overline{V}^\wedge \bar k)=\frac{\dot z}{V}$
$V=\sqrt{\dot y^2+\dot x^2}\ \ \cos(\overline{V},^\wedge \bar i)=\frac{\dot x}{V}, \qquad \cos(\overline{V}^\wedge \bar i)=\frac{\dot y}{V},\ \cos(\overline{V},^\wedge \bar k)=\frac{\dot z^2}{V}$

№ 40 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Dekart koordinatalar sistemasida tezlanishning miqdori va yo'nalishi qanday aniqlanadi ?
* $W=\sqrt{\ddot x^2+\ddot y^2+\ddot z^2},\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar i)=\frac{\ddot x}{W}, \qquad \cos(\overline{W}^\wedge \bar j)=\frac{\ddot y}{W}\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar k)=\frac{\ddot z}{W}$
$W=\sqrt{\ddot x^2+\ddot z^2},\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar i)=\frac{\ddot x}{W}, \qquad \cos(\overline{W}^\wedge \bar j)=\frac{\ddot y}{W}\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar k)=\frac{\ddot z}{W}$
$W=\sqrt{(\ddot x+\ddot y+\ddot z)^2},\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar i)=\frac{\ddot x}{W}, \qquad \cos(\overline{W}^\wedge \bar j)=\frac{\ddot z}{W},\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar k)=\frac{\ddot z}{W}$
$W=\sqrt{\ddot x^2+\ddot y^2+\ddot z^2},\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar i)=\frac{\dot x}{W} \qquad \cos(\overline{W}^\wedge \bar j)=\frac{\ddot y}{W}\ \cos(\overline{W}^\wedge \bar k)=\frac{\dot z}{W}$

№ 41 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

$x=t-2t^2;\ y=3t(1-2t)$ qonun bilan harakatlanayotgan moddiy nuqta traektoriyasini anilang.
* $y-3x=0$ koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq
$x-3y=0$ to'g'ri chiziq
$y=2x$ to'g'ri chiziq
$y=2x^2+1$

№ 42 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Jism o'zgarmas o'q atrofida aylanma harakati, tekis aylanma harakati va tekis o'zgaruvchan aylanma harakatlari tenglamalarini ko'rsating.
$\varphi=f(t)\ ,\ \varphi=\varphi_o+\omega_o t, \qquad \varphi=\varphi_o+\omega_o t+\frac{\varepsilon t^2}{2}$
$\varphi=f(t)\ ,\ \varphi=\omega_o+\varphi_o t, \qquad \varphi=\omega_o+\varphi_o t+\frac{\omega t^2}{2}$
$\varphi=f(x)\ ,\ \varphi=\varphi_o+\omega x, \qquad \varphi=\omega_o+\varphi_o x+\frac{\varepsilon t^2}{2}$
$\varphi=f(y)\ ,\ \varphi=\omega_0+\varphi_0 y, \qquad \varphi=\omega_o+\varphi_o y+\frac{\varepsilon t^2}{2}$

№ 43 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 14; Қийинчилик даражаси – 1;

Tahrifni to'ldiring: Jismning har bir nuqtasi doimo . . . harakatlansa, uning bunday harakati tekis parallel harakat deyiladi.
*...doimo biror qo'zg'almas P_o tekislikka parallel tekislikda ....
...doimo biror qo'zg'almas P_o tekislikka parallel bo'lmagan tekislikda ....

..doimo biror qo'zg'almas P_o tekislikka perpendikulyar tekislikda ....
...doimo biror qo'zg'almas P_o tekislikka perpendikulyar bo'lmagan tekislikda ....

№44 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 8 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Moddiy nuqtaning massasini uning tezlik vektoriga ko'paytmasiga teng bo'lgan vektor kattalik ... deb ataladi. Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
moddiy nuqtaning harakat miqdori
kuch impulsi
moddiy nuqtaning kinetik energiyasi
ish

№ 45 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Qattiq jismning aylanma harakatidagi chiziqli tezlik vektori qanday aniqlanadi?
*$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$
$\vec{v} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}$
$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{v}$
$\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} + \vec{\varepsilon} \times \vec{v}$

№46 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Qattiq jismning aylanma harakatidagi chiziqli tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
*$\vec{a} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v}$
$\vec{a} = \vec{\omega} \times \vec{r}$
$\vec{a} = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}$
$\vec{a} = \vec{\omega} \times \vec{v}$

№ 47 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Qattiq jismning aylanma harakatidagi normal tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
*$\vec{a}_n = \vec{\omega} \times \vec{v}$
$\vec{a}_n = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v}$
$\vec{a}_n = \vec{\omega} \times \vec{r}$
$\vec{a}_n = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}$

№ 48 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Qattiq jismning aylanma harakatidagi tangensial tezlanish vektori qanday aniqlanadi?
*$\vec{a}_\tau = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}$
$\vec{a}_\tau = \vec{\omega} \times \vec{v}$
$\vec{a}_\tau = \vec{\varepsilon} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v}$
$\vec{a}_\tau = \vec{\omega} \times \vec{r}$

№ 49 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Diametri 80 sm bo'lgan baraban o'z o'qi atrofida $\varphi = t^3 + 2t$ qonun bo'yicha aylanma harakatda bo'lsa, $t = 2$ s da baraban gardishidagi nuqtaning chiziqli tezligini (sm/s) toping.
*560
1120
480
960

№ 50 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 4;

Diametri 60 sm bo'lgan baraban o'z o'qi atrofida $\varphi = 1{,}5t^2 - t$ qonun bo'yicha aylanma harakatda bo'lsa, $t = 1$ s da baraban gardishidagi nuqtaning urinma tezlanishini (sm/s^2) toping.
90
300

60
120

№ 51 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Tekis parallel harakatdagi jismning A nuqtasini qutb deb tanlab olinsa, u holda tekis shakl ihtiyoriy M nuqtasining tezligi qanday aniqlanadi?
$\vec{\upsilon}_M = \vec{\upsilon}_A + \vec{\upsilon}_{MA}$
$\vec{\upsilon}_M = \vec{\upsilon}_A$
$\vec{\upsilon}_M = \vec{\omega} \times \vec{r}_A$
$\upsilon_M = \upsilon_A + \upsilon_{MA}$

№ 52 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Tekis parallel harakatdagi jismning A nuqtasini qutb deb tanlab olinsa, u holda tekis shakl ihtiyoriy M nuqtasining tezlanishi qanday aniqlanadi?
* $\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}_{MA}$
$\vec{a}_M = \vec{a}_A$
$a_M = a_A + a_{MA}$
$\vec{a}_M = \vec{\varepsilon} \times \vec{r}_A + \vec{\omega} \times \vec{\upsilon}_A$

№ 53 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Tekis parallel harakatda bo’lgan shaklning ikki nuqtasining tezliklarining qaysi o’qdagi proeksiyalari teng bo’ladi?
*shu ikki nuqtadan o’tuvchi o’qdagi proeksiyalari
Ox o’qdagi proeksiyalari
Oy o’qdagi proeksiyalari
ihtiyoriy o’qdagi proeksiyalari

№54 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Murakkab harakatdagi bo’lgan moddiy nuqtaning qo’zg’aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati ... harakat deb ataladi. Nuqtalar o’rniga kerakli so’zni qo’ying.
*nisbiy
ko’chirma
absolyut
koriolis

№ 55 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Murakkab harakatdagi bo’lgan moddiy nuqtaning qo’zg’aluvchi sistema bilan birgalikdagi harakati ... harakat deb ataladi. Nuqtalar o’rniga kerakli so’zni qo’ying.
*ko’chirma
nisbiy
absolyut
koriolis

№ 56 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 4 ;

Murakkab harakatdagi bo’lgan moddiy nuqtaning qo’zg’almas koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati ... harakat deb ataladi. Nuqtalar o’rniga kerakli so’zni qo’ying.
absolyut
nisbiy
ko’chirma
koriolis

№ 57 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlanishini topish formulasi qaysi javobda ko’rsatilgan? a_a - absolyut, a_r - nisbiy, a_e - ko’chirma va a_k - koriolis tezlanishlar.

$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_k$
$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_e$
$\vec{a}_a = \vec{a}_r + \vec{a}_k$
$a_a = a_r + a_e + a_k$

№ 58 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Berilgan javoblardan murakkab harakatdagi nuqtaning koriolis tezlanishini aniqlash formulasini toping. υ_a - absolyut, υ_r - nisbiy, υ_e - ko'chirma tezliklar.
$\vec{a}_k = 2\vec{\omega}_e \times \vec{\upsilon}_r$
$\vec{a}_k = 2\vec{\omega}_a \times \vec{\upsilon}_r$
$\vec{a}_k = 2\vec{\omega}_e \times \vec{\upsilon}_a$
$\vec{a}_k = 2\vec{\omega}_r \times \vec{\upsilon}_a$

№ 59 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Qanday hollarda murakkab harakatdagi nuqtaning koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi?
*ko'chirma harakat ilgarilama harakatda bo'lganda yoki berilgan onda ko'chirma harakat burchak tezligi nolga teng bo'lsa
ko'chirma harakat tezlanishi nolga teng bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi nolga teng bo'lsa
nisbiy harakat tezlanishi nolga teng bo'lsa

№ 60 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Qutb koordinatalarda nuqtaning harakat qonuni berilgan: $r = 2t^3, \varphi = 3t^2$. Nuqtaning 1sekunddagi tezligini toping.
*6 $\sqrt{5}$
2 $\sqrt{5}$
4 $\sqrt{2}$
5 $\sqrt{3}$

№61 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Radiusi 1 m bo'lgan to'g'ri chiziq bo'ylab sirpanmasdan harakatlanayotgan g'ildirak markazining tezligi 5m/s. Uning tekislik bilan urinish nuqtasining tezligini aniqlang.
*0
5
12
8

№ 62 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Sistemaning massalar markazi to'g'ri chiziqli, tekis harakat qiladi, agar
*tashqi kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lsa.
qarshilik kuchi nolga teng bo'lsa
ichki kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lsa
berilgan ko'chishda ichki kuchlar bajagan ishi nolga teng

№ 63 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qaysi tasdiq noto'g'ri?
*kuchlar tasir etmasa nuqta tezlanishi o'zgaruvchan bo'ladi
massa – bu jism inersiyasi o'lchovi
kuch –jisimlarning mexanik tasiri o'lchovi
massa – jisimdagi moddalarning miqdor o'lchovi.

№ 64 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Jism $x_a = 2\sin 4t$, $y_a = 2\cos 4t$, $\varphi = 4t^2$ harakat tenglamasi bilan tekis parallel harakat qilmoqda. Jismning burchak tezlanishini aniqlang.
8
4
2
6

№ 65 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qo'zg'almas nuqta atrofida harakatda qattiq jismning erkinlik darajasi nechaga teng?
3
1
4
6

№ 66 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Massali m, radiusi r bo'lgan bir jinsli silindrning o'z o'qiga nisbatan inersiya momenti nimaga teng.
$mr^2/2$
$mr^2/5$
$mr^2/12$
$mr^2/7$

№ 67 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qanday sistema erkin sistema deb ataladi?
*har bir nuqtasi fazoda ihtiyoriy holatni egallashi mumkin bo'lgan sistema
statsionar bog'lanishlarga ega sistema
ideal bog'lanishlarga ega sistema
nostatsionar bog'lanishlarga ega sistema;

№ 68 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Tekis parallel harakat qilayotgan absalyut qattiq jismning erkinlik darajasi nechaga teng?
3
6
2
1

№ 69 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Qo'zg'almas simmetriya o'qi atrofida aylanma harakat qilayotgangan bir jinsli silindrning harakat miqdori nimaga teng?
0
mr
$m\dfrac{r^2}{2}\omega$
1

№ 70 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Qanday bog'lanishda ihtiyoriy mumkin bo'lgan ko'chishda bog'lanish reaksiyalar kuchlarining elementar bajargan ishlari yig'indisi nolga teng bo'ladi?
ideal bog'lanishlar
Statsionar bog'lanishlar
nogolonom bog'lanishlar
kinematik bog'lanishlar

№ 71 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Moddiy nuqta Oxyz sistemada $\overline{F}(F_2, F_y, F_z)$ kuch tahsirida harakatlansa, uning harakat differensial tenglamalari

qanday bo’ladi
$m\ddot{x}=F_x; m\ddot{y}=F_y;\ m\ddot{z}=F_z$
$m\ddot{z}=F_x; m\ddot{y}=F_y\ \ m\ddot{z}=F_z$
$m\ddot{x}=F_x;\ m\ddot{r}=F_y; m\ddot{z}=F_z$
$m\ddot{x}=F_z\ \ m\ddot{y}=F_y;\ \ m\ddot{r}=F_z$

№ 72 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Qaysi holda sistema kinetik energiyasi umulashgan tezliklarga nisbatan bir jinsli kvadratik forma bo’ladi
statsionar sistemada
golonom bog’lanishda
ideal bog’lanishda
konservativ sistemada.

№ 73 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 8 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Sistemaning massalar markazi to’g’ri chiziqli, tekis harakat qiladi, agar
*tashqi kuchlarning geometrik yig’indisi nolga teng bo’lsa
qarshilik kuchi nolga teng bo’lsa
ichki kuchlar yig’indisi nolga teng bo’lsa
berilgan ko’chishda ichki kuchlar bajagan ishi nolga teng

№ 74 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qaysi tasdiq noto’g’ri?
kuchlar ta’sir etmasa nuqta tezlanishi o’zgaruvchan bo’ladi
massa – bu jism inersiyasi o’lchovi
kuch –jisimlarning mexanik tasiri o’lchovi
massa – jisimdagi moddalarning miqdor o’lchovi.

№ 75 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Plastinkaning o’q atrofidagi harakati $\varphi = 5t^2 - 2$ qonun bilan berilgan, o’qqa nisbatan inersiya momenti esa 0,125kg.m^2. Plastinkaga tasir etayotgan tashqi kuchlar bosh momenti aniqlansin
*1,25
0,02
0,4
0,6

№ 76 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Mumkin bo’lgan ko’chish prinsipi bajarilishi uchun bog’lanishlar qanday bo’lishi kerak?
*statsionar, ideal
golonom, nostatsionar
ichki
tashqi, nogolonom.

№ 77 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qaysi ta’rif ideal bog’lanish reaksiyalari uchun to’g’ri?
mumkin bo’lgan ko’chishdagi elementar bajargan ishi nolga teng bo’lsa
passiv kuchlar, miqdori va yo’nalishi boshqa kuchlarga bog’liq bo’ladi
jism nuqtalariga tezlanish beruvchi
nuqta tezliklari bo’yicha yo’nalgan

№78 Фан боб – 1; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Dekart koordinata sistemasida nuqta harakati tezligi koordinatalari qanday bo’ladi ?
$*V_x = \dot{x}, V_y = \dot{y}, V_z = \dot{z}$
$V_x = \frac{dy}{dt}, V_y = \frac{dx}{dt}, V_z = \frac{dz}{dt}$
$V_x = \frac{dx}{dt}, V_y = \frac{dz}{dt}, V_z = \frac{dz}{dt}$
$V_x = \frac{dx}{dt}, V_y = \frac{dy}{dz}, V_z = \frac{dx}{dt}$

№ 79 Фан боб – ; Фан бўлим – ; Қийинчилик даражаси – ;

Agar oyda erkin tushish tezlanishi 1,7 m/s^2 bo’lsa, 1 kg massali jismning og’irligi qancha?
*1,7N
17N
0,17N
3,4N

№ 80 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Moddiy nuqtaning massasini uning tezlik vektoriga ko’paytmasiga teng bo’lgan vektor kattalik ... deb ataladi. Nuqtalar o’rniga qaysi javobni qo’yish kerak?
*moddiy nuqtaning harakat miqdori
kuch impulsi
moddiy nuqtaning kinetik energiyasi
ish

№ 81 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Ma’lum vaqt ichida kuchning moddiy nuqtaga bo’lgan tasirini xarakterlaydigan kattalik ... deyiladi. Nuqtalar o’rniga qaysi javobni qo’yish kerak?
kuch impulsi
moddiy nuqtaning harakat miqdori
moddiy nuqtaning kinetik energiyasi
kuchning bajargan ishi

№ Фан боб 82– ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Lagranjning 2-tur tenglamalari qanday sistemalar uchun o’rinli bo’ladi?
*golonom bog’lanishli sistemalar uchun
nogolonom bog’dpgishli sistemalar uchun
faqat konservativ uchun
faqat dinamik, statsionar sistema uchun

№ 83 Фан боб – 4 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Ideal bog’lanishli sistema uchun dinamakaning umumiy tenglamasini ko’rsating.
* $\sum_{i=1}^{N}\left(\vec{F}_i - m_i\vec{W}_i\right)\delta\vec{r}_i = 0$
$\sum_{i=1}^{N}\vec{F}\,\delta\vec{r}_i = 0$
$\sum_{i=1}^{N} m_i\vec{W}_i\,\delta\vec{r}_i = 0$
$\sum_{i=1}^{N}\left(\vec{F}_i - m_i\vec{W}_i\right)^2\delta\vec{r}_i = 0$

№ 84 Фан боб 1– ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Nuqtaning vektorlar va Dekart koordinatalar usulida xarakat tenglamalarini ko’rsating.
* $\bar{r} = r(t); x = x(t), y = y(t), z = z(t)$
$\bar{r} = \bar{r}(t) + \bar{r}_0,\ x\bar{i} + y\bar{j} + z\bar{k} = \bar{r}_0$
$X(t)^2 \cdot \bar{i} + Y(t)^2\,\bar{j} + Z(t)^2\,\bar{k} = r$
$x^2 + y^2 + z^2 = r$

№85 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Disk tekisligiga perpendikulyar qo’zg’almas simmetriya o’qiga nisbatan aylanma harakat qilayotgan massasi m, radiusi r bo’lgan bir jinsli yupqa diskning kinetik momenti nimaga teng?
$(mr^2/2)\omega$
$(mr^2/12)\omega^5$

$(mr^2/2)\omega^{10}$
0

№ 86 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Massasi m va l uzunlikdagi sferik matematik mayatnikning kinetik energiyasini toping.
$\frac{m}{2}\left(l^2\dot{\theta}^2 + l^2\sin^2\theta\dot{\psi}^2\right)$
$m*m\left(l^2\dot{\theta}^2 + l^2\cos^2\theta\dot{\psi}^2\right)$
$m\left(\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2\right)$
$m^{10}\left(\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2\right)$

№ 87 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 9 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qaysi holda yuzalar qonuni bajariladi?
nuqtaga markaziy kuch ta’sir etsa
ta’sir etuvchi kuchlarning bajargan elementar ishi nolga teng
qarshilik kuchlari bo’lmasa
nuqta traektoriyasi - tekis egri chiziq

№ 88 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta markaziy Nyuton maydonida harakatlanmoqda. Quyidagi tasdiqlarning qaysi biri noto’g’ri?
*tortilish markaziga yaqinlashganda nuqta tezligi kamayadi.
yuzalar qonuni bajariladi
nuqtaning sektorli tezligi o’zgarmasdir
nuqta orbitasi - tekis egri chiziq

№ 89 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta markaziy Nyuton maydoni potensiali nimaga teng?
*$-\mu m/r$
$\frac{\mu m}{r^5}$
$\frac{\mu m}{r^{15}}$
$\frac{\mu m}{r^3}$

№ 90 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Uchburchak yuzasining og’irlik markazi qaerda joylashgan ?
*Uchburchak medianlari kesishgan nuqtasida.
Uchburchak bissektrisalari kesishgan nuqtasida.
Uchburchak tomonliklari kesish nuqtasida .
Uchburchak tomonlari o’rtalaridan o’tkazilgan perpendikulyarlarning kesishish nuqtasida

№ 91 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Bir jinsli absalyut qattiq jism berilgan. Qanday shart bajarilganda markazdan qochma moment $J_{xy}=0$ bo’ladi. 1. x o’qi – bosh inersiya o’qi; 2. x o’qi –simmetriya o’qi; 3. x o’qi –simmetriya tekisligiga perpendikulyar; 4. x o’qi – markaziy inersiya o’qi.
*1,2,4
3,4
2,3
1,2,3

№ 92 Фан боб – ; Фан бўлим – ; Қийинчилик даражаси – ;

Jism qiya tekislikda joylashgan. Agar sirpanishdagi ishqalanish koeffitsienti $f=1$ ga teng bo'lsa, jism muvozanat holatida qoladigan eng katta qiyalik burchagini aniqlang.
*45^0
30^0
60^0
76^0

№ 93 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Ilgarilanma harakat qilayotgan absalyut qattiq jismning erkinlik darajasi soni nechaga teng?
*1
5
6
7

№ 94 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Quyidagi tasdiqlarning qaysi birlari to'g'ri? 1. O'zgarmas sistemaning kinetik energisi differensiali tashqi kuchlarning elementar bajargan ishi yig'indisiga teng. 2. Statsionar geometrik bog'lanishlar ostidagi mexanik sistema kinetik energiyasi umumlashgan tezliklarga nisbatan bir jinsli kvadratik formadir. 3. Tezlanishlar oniy markazi tezligi nolga teng. 4. Jism massalar markazidan o'tuvchi qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jism harakat miqdori nolga teng.
*1,2
1,2,4
2,3,4
4,3

№ 95 Фан боб – 4 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Futbol to'pi havoda erkin uchmoqda.Uning umumlashgan koordinatalrini sonini aniqlang
6
1
3
5

№ 96 Фан боб –3 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Bir nuqtada kesuvchi kuchlar sistemasining muvozanat shartlari.
*$\sum_{k=1}^{n} F_{kx}=0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky}=0; \sum_{k=1}^{n} F_{kz}=0$
$\sum_{k=1}^{n} F_{kx}=0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky}=0$
$\sum_{k=1}^{n} F_{kz}=0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky}\neq 0$
$\sum_{k=1}^{n} F_{ky}=0; \sum_{k=1}^{n} F_{kz}\neq 0$

№ 97 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 8 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Ma'lum vaqt ichida kuchning moddiy nuqtaga bo'lgan ta'sirini xarakterlaydigan kattalik ... deyiladi. Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
*kuch impulsi
moddiy nuqtaning harakat miqdori
moddiy nuqtaning kinetik energiyasi
kuchning bajargan ishi

№ 98 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Moddiy nuqtaning harakat miqdoridan vaqt bo'yicha olingan hosilasi shu nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning

geometrik yig'indisiga teng degan jumla nimani ifodalaydi?
*Nyutonning ikkinchi qonuni
Moddiy nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasi
Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasi
Moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasi

№ 99 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 9 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qaysi holda yuzalar qonuni bajariladi?
*nuqtaga markaziy kuch ta'sir etsa
ta'sir etuvchi kuchlarning bajargan elementar ishi nolga teng
qarshilik kuchlari bo'lmasa
nuqta traektoriyasi - tekis egri chiziq

№ 100 Фан боб –2 ; Фан бўлим –6 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta markaziy Nyuton maydonida harakatlanmoqda. Quyidagi tasdiqlarning qaysi biri noto'g'ri?
*tortilish markaziga yaqinlashganda nuqta tezligi kamayadi.
yuzalar qonuni bajariladi
nuqtaning sektorli tezligi o'zgarmasdir
nuqta orbitasi - tekis egri chiziq

№ 101 Фан боб –2 ; Фан бўлим –6 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Nuqta markaziy Nyuton maydoni potensiali nimaga teng?
*$-\mu m / r$
$\frac{\mu m}{r^5}$
$\frac{\mu m}{r^{15}}$
$\frac{\mu m}{r^3}$

№ 102 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Uchburchak yuzasining og'irlik markazi qaerda joylashgan ?
*Uchburchak medianlari kesishgan nuqtasida.
Uchburchak bissektrisalari kesishgan nuqtasida.
Uchburchak tomonliklari kesish nuqtasida .
Uchburchak tomonlari o'rtalaridan o'tkazilgan perpendikulyarlarning kesishish nuqtasida

№103 Фан боб –2 ; Фан бўлим –3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Bir jinsli absalyut qattiq jism berilgan. Qanday shart bajarilganda markazdan qochma moment $J_{xy} = 0$ bo'ladi. 1. x o'qi – bosh inersiya o'qi; 2. x o'qi –simmetriya o'qi; 3. x o'qi –simmetriya tekisligiga perpendikulyar; 4. x o'qi – markaziy inersiya o'qi.
*1,2,4
3,4
1,2,3
2,3

№ 104 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Jism qiya tekislikda joylashgan. Agar sirpanishdagi ishqalanish koeffitsienti $f = 1$ ga teng bo'lsa, jism muvozanat holatida qoladigan eng katta qiyalik burchagini aniqlang.
45^0
30^0
76^0
60^0

№ 105 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Ilgarilanma harakat qilayotgan absalyut qattiq jismning erkinlik darajasi soni nechaga teng?
1
5

6
7

№ 106 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Quyidagi tasdiqlarning qaysi birlari to'g'ri? 1. O'zgarmas sistemaning kinetik energisi differensiali tashqi kuchlarning elementar bajargan ishi yig'indisiga teng. 2. Statsionar geometrik bog'lanishlar ostidagi mexanik sistema kinetik energiyasi umumlashgan tezliklarga nisbatan bir jinsli kvadratik formadir. 3. Tezlanishlar oniy markazi tezligi nolga teng. 4. Jism massalar markazidan o'tuvchi qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jism harakat miqdori nolga teng.
*1,2
1,2,4
2,3,4
4,3

№ 107 Фан боб – 4 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Futbol to'pi havoda erkin uchmoqda.Uning umumlashgan koordinatalrini sonini aniqlang
6
1
3
5

№ 108 Фан боб – 3 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Bir nuqtada kesuvchi kuchlar sistemasining muvozanat shartlari.
$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0$
$\sum_{k=1}^{n} F_{kx} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0$
$\sum_{k=1}^{n} F_{kz} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{ky} \neq 0$
$\sum_{k=1}^{n} F_{ky} = 0; \sum_{k=1}^{n} F_{kz} \neq 0$

№ 109 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 8 ; Қийинчилик даражаси – 1;

Ma'lum vaqt ichida kuchning moddiy nuqtaga bo'lgan ta'sirini xarakterlaydigan kattalik ... deyiladi. Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
*kuch impulsi
moddiy nuqtaning harakat miqdori
moddiy nuqtaning kinetik energiyasi
kuchning bajargan ishi

№110 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Moddiy nuqtaning harakat miqdoridan vaqt bo'yicha olingan hosilasi shu nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning geometrik yig'indisiga teng degan jumla nimani ifodalaydi?
*Nyutonning ikkinchi qonuni
Moddiy nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasi
Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasi
Moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teoremaning differensial formasi

№ 111 Фан боб –2 ; Фан бўлим –8 ; Қийинчилик даражаси – 2;

Moddiy nuqtaning malum vaqt oralig'idagi harakat miqdorining o'zgarishi shu vaqt oralig'ida nuqtaga tasir etayotgan kuchlar impulslarining geometrik yig'indisiga teng degan jumla qanday teoremani ifodalaydi?
Moddiy nuqta harakat miqdori o'zgarishi haqidagi teorema
Moddiy nuqta harakat miqdori momentining o'zgarishi haqidagi teorema
Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema
Moddiy nuqta kinetik momentining o'zgarishi haqidagi teorema

№ 112 Фан боб –2; Фан бўлим –6; Қийинчилик даражаси –1;

Vaqt birligi ichidagi bajarilgan ishga ... deb ataladi. Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
*quvvat
moddiy nuqtaning harakat miqdori
kuch impulsi
moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

№113 Фан боб –2; Фан бўлим –4; Қийинчилик даражаси –1;

Quyidagi kattaliklar ichida qaysi biri vektor kattalik?
*harakat miqdori
kinetik energiya
kuchning bajargan ishi
quvvat

№114 Фан боб –2 ; Фан бўлим –5 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Quyidagi kattaliklar ichida qaysi biri skalyar kattalik?
*kinetik energiya
kuch impulsi
harakat miqdori
harakat miqdorining momenti

№115 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 4; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Quyidagi kattaliklar ichida qaysi biri vektor kattalik?
*kuch impulsi
kinetik energiya
kuchning bajargan ishi
quvvat

№ 116 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Quyidagi kattaliklar ichida qaysi biri skalyar kattalik?
*kuchning bajargan ishi
kuch impulsi
harakat miqdori
harakat miqdorining momenti

№ 117 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 5; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Moddiy nuqta tezligi kvadrati bilan nuqta massasi ko'paytmasining yarmiga teng bo'lgan kattalik moddiy nuqtaning .... deyiladi. Nuqtalar o'rniga qaysi javobni qo'yish kerak?
*kinetik energiyasi
harakat miqdori
kinetik momenti
harakat miqdori momenti

№118 Фан боб – 2; Фан бўлим – ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Og'irlik kuchining bajargan ishi qaysi javobda ko'rsatilgan?
$A = mgh$
$A = \frac{c}{2}(x_0^2 - x_1^2)$
$A = -F \cdot s$
$A = M_z \cdot \varphi$

№ 119 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Elastik kuchining bajargan ishi qaysi javobda ko'rsatilgan?
$A = \frac{c}{2}(x_0^2 - x_1^2)$
$A = mg(z_0 - z_1)$
$A = -F \cdot s$

$A = M_z \cdot \varphi$

№ 120 Фан боб –2 ; Фан бўлим –2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Kuchlar sistemasidagi barcha kuchlarning ta’sir chiziqlari bir tekislikda yotsa, bunday kuchlar sistemasi qanday kuchlar sistemasi deb ataladi?
*tekislikdagi kuchlar sistemasi
fazoviy yoki fazodagi kuchlar sistemasi
Ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi
parallel kuchlar sistemasi

№ 121 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1; Қийинчилик даражаси –2;

Kuchlar sistemasidagi barcha kuchlarning ta’sir chiziqlari bir nuqtadan o’tsa, bunday kuchlar sistemasi qanday kuchlar sistemasi deb ataladi?
ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi
tekislikdagi kuchlar sistemasi
fazoviy yoki fazodagi kuchlar sistemasi
parallel kuchlar sistemasi
parallel kuchlar sistemasi

№122 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Kuchlar sistemasidagi barcha kuchlarning ta’sir chiziqlari bir tekislikda yotmasa, bunday kuchlar sistemasi qanday kuchlar sistemasi deb ataladi?
fazoviy yoki fazodagi kuchlar sistemasi
tekislikdagi kuchlar sistemasi
Ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi
Барча хато

№ 123 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Kuchlar sistemasidagi barcha kuchlarning tasir chiziqlari o’zaro parallel bo’lsa, bunday kuchlar sistemasi qanday kuchlar sistemasi deb ataladi?
*parallel kuchlar sistemasi
fazoviy yoki fazodagi kuchlar sistemasi
tekislikdagi kuchlar sistemasi
ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi

№124 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Fazoning berilgan vaziyatidan boshqa ihtiyoriy vaziyatiga ko’chirish mumkin bo’lgan jismlar qanday jismlar deb ataladi?
*erkin jismlar
absolyut qattiq jismlar
bog’lanishdagi jismlar
harakatdagi jismlar

№ 125 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1; Қийинчилик даражаси – 2;

Agar bir jismga ta’sir etayotgan kuchlar sistemasini boshqa kuchlar sistemasi bilan almashtirilganda jismning avvalgi muvozanat holati yoki harakati o’zgarmasa, bunday kuchlar sistemasi ...
*ekvivalent kuchlar sistemasi deb ataladi
o’zaro qo’shma bo’lgan kuchlar sistemasi deb ataladi
fazoviy kuchlar sistemasi deb ataladi
yaqinlashuvchi kuchlar sistemasi deb ataladi

№ 126 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Kuchlar sistemasi ta’sirida erkin jism muvozanat holatda bo’lsa, bunday kuchlar sistemasi qanday nomlanadi?
*muvozanatlashgan kuchlar sistemasi
ekvivalent kuchlar sistemasi
yaqinlashuvchi kuchlar sistemasi
kuchlar ta’sirida jism muvozanatda bo’la olmaydi

№ 127 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Kuchlar sistemasi ta’sirida erkin jism muvozanat holatda bo’lsa, bunday kuchlar sistemasi qanday nomlanadi?
*nolga ekvivalent bo’lgan kuchlar sistemasi
yaqinlashuvchi kuchlar sistemasi
ekvivalent kuchlar sistemasi
kuchlar ta’sirida jism muvozanatda bo’la olmaydi

№ 128 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Agar berilgan kuchlar sistemasi bitta kuchga ekvivalent bo’lsa, bu kuch berilgan kuchlar sistemasining qanday kuchi deb ataladi?
*teng ta’sir etuvchisi
muvozanatlovchi kuchi
bosh vektori
bosh momenti

№129 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Moduli bo’yicha teng ta’sir etuvchiga teng bo’lgan, yo’nalishi bo’yicha unga qarama-qarshi va u bilan bir to’g’ri chiziqda yotuvchi kuch ...
*muvozanatlovchi kuch deb ataladi
bosh vektori deb ataladi
ekvivalent kuch deb ataladi
nolga ekvivalent kuch deb ataladi

№130 Фан боб –3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Agar erkin absolyut qattiq jism ikki kuch ta’sirida muvozanatda bo’lsa, bu kuchlar qanday qo’yilgan bo’ladi?
*modul bo’yicha teng va bir to’g’ri chiziq bo’ylab qarama-qarshi yo’nalgan
modul bo’yicha teng va qarama-qarshi yo’nalgan
modullari yig’indisi nolga teng va ihtiyoriy qo’yilgan
qo’yilish nuqtasiga nisbatan momentlari yig’indisi nolga teng

№ 131 Фан боб –3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Quyida keltirilganlarning qaysi biri statika aksiomalariga tegishli emas?
*Kuchning qo’yilish nuqtasini kuch ta’sir chizig’i bo’ylab ihtiyoriy nuqtaga ko’chirilganda bu kuchning absolyut qattiq jismga tasiri o’zgarmaydi
Agar erkin absolyut qattiq jismga ikki kuch ta’sir etsa, bu kuchlar faqat va faqat modul bo’yicha teng va bir to’g’ri chiziq bo’ylab qarama-qarshi yo’nalgan holdagina jism muvozanatda bo’la oladi
Agar berilgan kuchlar sistemasiga muvozanatlashgan kuchlar sistemasi qo’shilsa yoki olib tashlansa, berilgan kuchlar sistemasining absolyut qattiq jismga tasiri o’zgarmaydi
Jismning bitta nuqtasiga qo’yilgan va bir to’g’ri chiziqda yotmaydigan ikki kuch – shu nuqtaga qo’yilgan va kuchlarga qurilgan parallelogramning diagonali bilan ifodalanadigan teng ta’sir etuvchiga ega

№ 132 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Jismning fazodagi harakati yoki holatini cheklovchi barcha sabablar deb nima deb ataladi?
*bog’lanishlar
erkinlik darajasi
muvozanatlovchi kuchlar
bog’lanishlar aksiomasi

№133 Фан боб –1 ; Фан бўлим –3 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Moddiy nuqtaning harakati egri chiziqli tekis o’zgaruvchan deyiladi agar
*Nuqtaning urinma tezlanishi o’zgarmas bo’lsa
Nuqtaning to’liq tezlanishi o’zgarmas bo’lsa
Nuqtaning normal tezlanishi o’zgarmas bo’lsa
Nuqtaning tezlanishi vaqtning funksiyasi bo’lsa

№ 134 Фан боб –1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Moddiy nuqtaning harakati egri chiziqli tekis deyiladi agar
*Nuqtaning urinma tezlanishi nolga teng bo’lsa
Nuqtaning to’liq tezlanishi nolga teng bo’lsa
Nuqtaning to’liq tezlanishi tezlikka proporsional bo’lsa
Nuqtaning tezlanishi vaqtning funksiyasi bo’lsa

№ 135 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1;

Quyidagi tasdiqlarning qaychi biri to’g’ri?

*Markaziy kuch tasirida moddiy nuqta tesislikda joylashgan traektoriya bo'ylab harakat qiladi
Markaziy kuch tasirida moddiy nuqta vint chizig'i bo'ylab harakat qiladi.
Markaziy kuch tasirida moddiy nuqtaning harakat miqdori o'zgarmasdan qoladi
Markaziy kuch tasirida moddiy nuqta muvozanat holatida bo'ladi

№136 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Kuch markaziy deyiladi, agar
*Kuchning tasir chizig'i moment markazidan o'tsa
Kuchning impulsi nolga teng bo'lsa
Kuch tasirida nuqtaning olgan tezligi vaqtga proporsional bo'lsa
Kuch tasirida nuqtaning olgan tezlanishi vaqtga proporsional bo'lsa

№137 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Keplerning birinchi qonuniga ko'ra osmon jismlari Quyosh atrofida
*tekislikda joylashgan traektoriyalar bo'ylab harakat qiladi
to'g'ri chiziqli tekis harakat qiladi
tekis tezlanuvchan harakat qiladi
muvozanat holatida bo'ladi

№138 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Keplerning ikkinchi qonuniga ko'ra, osmon jismlari Quyosh atrofida tekislikda joylashgan traektoriyalar bo'ylab harakat qiladi va bu traektoriyalar
*konus qirqimlaridan iborat bo'lib, fokuslaridan birida Quyosh joylashadi
fazoviy chiziqlardan iborat bo'ladi
to'g'ri chiziqlardan iborat
bo'ylab harakat tekis tezlanuvchan bo'ladi

№ 139 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlanishini ifodasini ko'rsating
$\overline{W}_a = \overline{W}_e + \overline{W}_r + \overline{W}_k$
$W = \dfrac{d^2\varphi}{dt^2}$
$\overline{W}_a = \overline{W}_e + \overline{W}_r$
$w = \dfrac{d^2x}{dt^2}$

№140 Фан боб –1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 5 ;

Dalamber – Eyler teoremasining to'g'ri ta'rifini ko'rsating.
* qo'zg'almas nuqtasi bo'lgan jismni bir holatdan ikkinchi holatga shu nuqta-dan o'tuvchi o'q atrofida bir aylantirish bilan keltirish mumkin.
jismning har qanday tekis ko'chishini harakat tekisligida yotuvchi biror markaz atrofida bir aylantirish bilan bajarish mumkin.
tekis harakatdagi jismning ikki nuqtasi tezliklarining shu nuqtalarini tutashtiruvchi chiziq yo'nalishidagi proyektsiyalari o'zaro teng.
tekis harakatdagi jismning ikki nuqtasi tezliklarining shu nuqtalarini tutashtiruvchi chiziq yo'nalishidagi proyektsiyalari o'zaro teng emas.

№141 Фан боб – 1 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

Nazariy mexanika qonunlari qachon o'rinli bo'ladi ?
* tezligi yorug'lik tezligidan ancha kichik, o'lchamlari molekula o'lchamlaridan ancha katta bo'lgan jismlar uchungina o'rinli.
jism xarakatlangandagina o'rinli.
jism faqat tinch turgandagina o'rinli.
nazariy mexanika qonunlari hamma vaqt o'rinli.

№142 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

$\vec{r} = \vec{r}(t)$ nima deb yuritiladi ?
* Nuqta harakati tenglamasining vektorli ifodasi.
nuqtaning radius vektori.
nuqtaning traektoriyasi.
tezlik vektori.

№ 143 Фан боб –2 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qanday jism yerkin jism deyiladi ?
*Jism fazoda ixtiyoriy tomonga xarakatlana olsa
Jism tekislikda ixtiyoriy tomonga xarakatlana olsa.
Jism to'g'ri chiziq bo'ylab ixtiyori tomonga xarakatlana olsa.
Jism koordinata o'qlari bo'ylab xarakatlana olsa.

№ 144 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Bir nuqtada kesuvchi kuchlar sistemasi deb:
Ta'sir chiziqlar bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasiga aytiladi.
Tahsir chiziqlari kesishadigan kuchlar sistemasiga aytiladi.
Tahsir chiziqlari parallel bo'lmagan kuchlar sistemasiga aytiladi.
Tahsir chiziqlari parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga aytiladi

№ 145 Фан боб –1 ; Фан бўлим –6 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Nuqtaning murakkab harakatida koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi, agar
*ko'chirma harakat ilgarilanma harakatdan iborat bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi nisbiy harakat tezligiga teng bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi o'zgarmas bo'lsa
nisbiy harakat tezligi o'zgarmas bo'lsa

№146 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – ;

Nuqtaning murakkab harakatida koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi, agar
*ko'chirma harakat burchak tezliga nolga teng bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi nisbiy harakat tezligiga teng bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi o'zgarmas bo'lsa
nisbiy harakat tezligi o'zgarmas bo'lsa

№147 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 4 ;

Nuqtaning murakkab harakatida koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi, agar
*ko'chirma harakat burchak tezligi nisbiy tezlik vektoriga parallel bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi nisbiy harakat tezligiga teng bo'lsa
ko'chirma harakat tezligi o'zgarmas bo'lsa
nisbiy harakat tezligi o'zgarmas bo'lsa

№ 148 Фан боб – 3 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Qanday jism mutlaq qattiq jism hisoblanadi?
biror harakat davomida jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmasa
harakat davomida jism egilmasa
jismni tashkil etgan nuqtalar hajm bo'ylab teng taqsimlangan bo'lsa
jismga siquvchi kuch ta`sir etganda siqilmasa

№ 149 Фан боб – 1 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Tezlik vektorining godografi deb nimani aytiladi?
*Tezlik vektori uchining koordinata boshiga nisbatan chizgan chizig'ini.
tezlik vektorini
tezlik vektorini traektoriyaga urinma yo'nalishini
aylana egri chizig'ini

№150 Фан боб – 1 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Moddiy nuqta harakat differensial tenglamasi $\ddot{x}+5\dot{x}=0$ ko'rinishda bo'lsa, u qanday harakat qiladi?
*garmonik tebranma
egri chiziqli tekis o'zgaruvchan
tekis harakat qiladi
so'nuvchi tebranma harakat

№ 151 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 8 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

$m=1$kg massali *M* material nuqta radiusi $R=1$m bo'lgan aylana bo'ylab $V=1$ m/s tezlik bilan aylanma harakat qilmoqda. Burchak 90^0 ga o'zgarganda nuqtaga tasir qilayotgan kuchlarning impulslari modulini toping?
1.41
-200
0
-100

№ 152 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

$m=1$kg massali moddiy nuqta radiusi $R=10$m bo'lgan aylana bo'ylab $V=1$ m/s tezlik bilan aylanma harakat qilmoqda. Burchak 180^0 ga o'zgarganda nuqtaga tasir qilayotgan kuchlarning impulslari modulini toping?
2
-200
500
-100

№153 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 7 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

$m=1$kg massali *M* moddiy nuqta $V=2t\vec{i}+4t\vec{j}$ tezlik bilan harakat qilmoqda. Uning koordinatalari $x=2м, y=3м, z=0$ bo'lganda $t=0$ vaqt uchun nuqtaning koordinata boshiga nisbatan harakat miqdori momentini aniqlang?
0
200
110
2007

№ 154 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Markaziy $\vec{F}=-c\vec{r}$ kuchga mos keluvchi kuch potensialini aniqlang?
$П=c\,r^2/2$
$П=c\,x^2/2$
$П=c\,x^5/2$
0

№155 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Markaziy $F=-c\,x$ kuchga mos keluvchi kuch potensialini aniqlang?
* $П=c\,x^2/2$
333
$П=c\,y^2/2$
$П=c\,z^5/2$

№ 156 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Markaziy $\vec{F}=c\vec{r}$ kuchga mos keluvchi kuch potensialini aniqlang?
* $П=-c\,r^2/2$
344
$П=c\,x^2/2$

$\Pi = c\,x^5 / 2$

№157 Фан боб –3 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 4 ;

$F = -cx^3$ kuchga mos keluvchi kuch potensialini aniqlangg?
$\Pi = c\,x^4 / 4$
555
$\Pi = c\,y^{12} / 2$
0

№ 158 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси –5 ;

Markaziy $\vec{F} = cr\vec{r}$ kuchga mos keluvchi kuch potensialini aniqlang?
$* \Pi = -c\,r^3 / 2$
$\Pi = c\,x^2 / 2$
0
1

№159 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Kuchni elementar bajargan ishi qanday aniqlanadi?
*Kuchni nuqtaning elementar ko’chishga skalyar ko’paytmasi
Kuchni nuqtaning elementar ko’chishiga vektor ko’paytmasi
Kuchni nuqtaning tezligiga skalyar ko’paytmasi
Kuchni nuqtaning tezlanishiga vektor ko’paytmasi

№160 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Markaziy kuchni elementar bajargan ishi qanday aniqlanadi?
$* dA = F_r dr$
$dA = [\vec{F}_r d\vec{r}]$
$dA = \vec{F} d\vec{v}$
$dA = \vec{F}\vec{F}$

№ 161 Фан боб – 2 ; Фан бўлим –6 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

Og’irlik kuchini bajargan ishi qanday aniqlanadi?
$* A = P(z - z_0)$
$A = Pz_0$
$A = 0$
$dA = z^2$

№ 162 Фан боб – 3 ; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Kuchni nuqtaning mumkin bo’lgan ko’chishidagi elementar bajargan ishi qanday aniqlanadi?
*Kuchni nuqtaning mumkin bo’lgan ko’chishiga skalyar ko’paytmasi
Kuchni nuqtaning xaqiqiy ko’chishiga vektor ko’paytmasi
Kuchni nuqtaning tezligiga skalyar ko’paytmasi
. Kuchni nuqtaning tezlanishiga vektor ko’paytmasi

№163 Фан боб –3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Markaziy kuchni nuqtaning mumkin bo’lgan ko’chishidagi bajargan ishi qanday aniqlanadi?
$* dA = \overline{F}\,\delta \overline{r}$
$dA = [\vec{F}_r d\vec{r}]$
$dA = \vec{F} d\vec{v}$
$dA = \vec{F}\vec{F}$

№ 164 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqtaning sektor tezligi qanday aniqlanadi?
$\vec{\sigma} = \frac{1}{2}[\vec{r} \times \vec{v}]$
$A = Pz_0$
$\vec{\sigma} = \frac{1}{2}[\vec{F} \times \vec{w}]$
$\vec{\sigma} = \frac{1}{2}$

№165 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Ichki kuchlarning birinchi hossasiga ko'ra
*Ichki kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng
Ichki kuchlarning skalyar ko'paytmasi nolga teng
Ichki kuchlarning vektor ko'paytmasi nolga teng
Ichki kuchlarning geometrik yig'indisi birga teng

№166 Фан боб – 2; Фан бўлим –1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Ichki kuchlarning ikkinchi hossasiga ko'ra	
Ichki kuchlarni ihtiyoriy markazga nisbatan momentlarining yig'indisi nolga teng	
Ichki kuchlarni bajargan ishlarining yig'indisi nolga teng	
Ichki kuchlarni vektor ko'paytmasi nolga teng	
Ichki kuchlarni algebraik yig'indisi birga teng	

№ 167 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2;

Moddiy nuqtaga qo'yilgan bog'lanish noideal deyiladi, agar
*Reaksiya kuchini nuqtaning mumkin bo'lgan ko'chishidagi bajargan ishi noldan farqli bo'lsa
Reaksiya kuchini nuqtaning mumkin bo'lgan ko'chishidagi bajargan ishi nolga teng bo'lsa
Reaksiya kuchini nuqtaning tezlanishiga ko'paytmasi nolga teng bo'lsa
Reaksiya kuchining momenti nolga teng bo'lsa

№167 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qaysi hollarda klassik mexanikaning qonunlari o'rinli bo'ladi?
*Nuqtaning tezligi yorug'lik tezligidan yotarlicha kichik bo'lganda
Nuqtaning tezligi yorug'lik tezligidan yotarlicha katta bo'lganda
Nuqtaning tezligi yorug'lik tezligiga teng bo'lganda
Nuqtaning tezligi nolga teng bo'lganda

№ 168 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Dinamikaning birinchi qonuni qanday nomlanadi?
*Inersiya qonuni
Yuzalar qonuni
Massalar qonuni
Momentlar qonuni

№169 Фан боб – 2 ; Фан бўлим –2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Dinamikaning ikkinchi qonuni qanday nomlanadi?
Dinamikaning asosiy qonuni
Ta'sir qonuni
Inersiya qonuni
Kuchlar qonuni

№ 170 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Dinamikaning uchinchi qonuni qanday nomlanadi?
Ta'sir va aks ta'sir qonuni
Massaning saqlanish qonuni
Inersiya qonuni

Kuchlar qonuni

№ 171 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Dinamikaning to’rtinchi qonuni qanday nomlanadi?
*Kuchlar ta’sirining mustaqilligi qonuni
Massaning saqlanish qonuni
Inersiya qonuni
Kuchlar qonuni

№172 Фан боб –2 ; Фан бўлим –2 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Inersial sanoq sistemasi deb qanday sanoq sistemasiga aytiladi?
*Klassik mexanika qonunlari o’rinli bo’lgan sanoq sistemasiga
Ikkilik sanoq sistemasiga
O’nlik sanoq sistemasiga
Sakkizlik sanoq sistemasiga

№ 173 Фан боб – 1; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqtaning koordinata usulida berilgan harakat tenglamalariga ko’ra uning trayektoriya tenglamasi topilsin. x=3t-5, u=4-2t.
2x+3y-2=0
3t-5+4-2t=0
3t-5-y-2t=0
5x+6y-6=0;

№ 174 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 1 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta harakatining berilgan tenglamalariga qarab uning trayektoriyasi tenglamasi topilsin. $x=3t^2$, $y=4t^2$.
3y-4x=0
4x-2y=0
3x+4y=0
4y-3x=0

№ 175 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

Poyezd 20m/s tezlik bilan harakat qiladi. Tormoz qilinganda u 0,4 m/s^2 ga teng sekinlanish oladi. Poyezdni stantsiyaga kelmasidan qancha narida tormozlay boshlashi kerakligi topilsin.
50s, 500m
50s,400m.
40s,400m.
40s, 300m

№176 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Sistemaning harakat miqdori deb nimaga aytiladi?
$\vec{Q}=\sum_{i=1}^{n} m_i \vec{v}_i$
$\vec{F}\vec{w}$
$\vec{S}=\int_{t_0}^{t} \vec{F}dt$
Kuchni o’qqa proeksiyasiga

№177 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Sistemaning harakat miqdori momenti deb nimaga aytiladi?
$\vec{G}=\sum_{i=1}^{n} m_i\,[\vec{r}_i \times \vec{v}_i]$
$\vec{F}\vec{w}$
Kuchni bajargan ishiga

$\vec{S}=\int_{t_0}^{t}\vec{F}dt$

№ 178 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 2;

Sistemaning kinetik energiyasi deb nimaga aytiladi?
$*T=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}m_i\,\vec{v}^2{}_i$
$\vec{F}\vec{w}$
Kuchni o'qqa proeksiyasiga
$\vec{S}=\int_{t_0}^{t}\vec{F}dt$

№ 179 Фан боб – 3 ; Фан бўлим –1   ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Absolyut qattiq jism uchun quyida keltirilgan mulohazalarning qaysi biri to'g'ri
ichki kuchlarni bajargan ishlarining yig'indisi nolga teng
ichki kuchlarni bajargan ishlarining yig'indisi birga teng
kinetik energiyasi har doim nolga teng
harakat miqdori momenti nolga teng

№ 180 Фан боб – 3 ; Фан бўлим –2   ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Absolyut qattiq jism uchun quyida keltirilgan mulohazalarning qaysi biri to'g'ri
kinetik energiyasining differensiali, jismga ta'sir qilayotgan tashqi kuchlarni elementar bajargan ishlarining yig'indisi nolga teng
ichki kuchlarni bajargan ishlarining yig'indisi birga teng
kinetik energiyasi har doim nolga teng
harakat miqdori momenti nolga teng

№181 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Absolyut qattiq jism uchun quyida keltirilgan mulohazalarning qaysi biri to'g'ri
*ihtiyoriy ikkita nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmas
ichki kuchlarni yig'indisi noldan farqli
harakat miqdori nolga teng
harakat miqdori momenti nolga teng

№ 182 Фан боб – 3 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Nuqtaning harakat qonuni qanday analitik usullarda beriladi.
*Koordinata, radius vektor va tabiiy
grafik
jadval
grafik va jadval

№ 183 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 3;

Agar qattiq jismning tekis parallel harakatida biror onda ikkita nuqtasining tezliklari o'zaro parallel va miqdorlari teng bo'lsa, qattiq jismning shu ondagi burchak tezligi nimaga teng?
0
1
0.5
1.2

№ 184 Фан боб – 2 ; Фан бўлим –6   ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Agar qattiq jismning tekis parallel harakatida biror onda ikkita nuqtasining tezliklari o'zaro parallel va miqdorlari

teng bo'lsa, qattiq jism shu onda qanday harakat qiladi?
*Oniy ilgarilanma
Aylanma
Murakkab harakat
Harakat qilmaydi

№ 185 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Disk ϖ burchak tezlik bilan tekis aylanma harakat qilyapti. Diskning aylanish burchak tezlanishini toping?
0
1
2
0.5

№ 186 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

G'ildirak tekislik bo'ylab sirpanmasdan dumalayapti. G'ildirakni tekislikka tegib turgan nuqtasining tezligini toping?
0
1
3
5

№ 187 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

G'ildirak tekislik bo'ylab sirpanmasdan dumalayapti. G'ildirakning markazini tezligi v ga teng bo'lsa. G'ildirakning tekislikdan eng uzoq nuqtasining tezligi nimaga teng?
2v
v
3v
0,5v

№ 188 Фан боб – 2 ; Фан бўлим –2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

G'ildirak tekislik bo'ylab sirpanmasdan dumalayapti. G'ildirakning markazi chizgan trayektoriya qanday chiziqdan iborat bo'ladi?
*To'g'ri chiziq
Sentroida
aylana
ellips

№ 189 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

G'ildirak tekislik bo'ylab sirpanmasdan dumalayapti, g'ildirakning markazdan boshqa ihtiyoriy nuqtasi qanday chiziq chizadi?
*Sentroida
To'g'ri chiziq
Aylana
Ellips

№ 190 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси –1 ;

Aylanma harakatda aylanish burchak tezligi va burchak tezlanishi berilgan bo'lsa. To'la tezlanish nimaga teng bo'ladi?
* $\vec{w} = \vec{w}_n + \vec{w}_\tau$
$\vec{w} = \vec{w}_n$
$\vec{w} = \vec{w}_\tau$
$\vec{w} = \vec{w}_n + \vec{w}_\tau + \vec{w}_k$

№191 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Nuqta aylanma harakat qilyapti, aylanish burchak tezligi noldan farqli, burchak tezlanishi esa nolga teng bo'lsa. Nuqtaning to'la tezlanish miqdori nimaga teng? Nuqtadan aylanish markazigacha bo'lgan masofa R gat eng.
* $w=\varpi^2 R$
$w=\varpi\ R$
$w=\varpi^2 / R$
$w=\varpi^2 R^2$

№192 Фан боб – ; Фан бўлим – ; Қийинчилик даражаси – ;

Tekis parallel harakatda qattiq jismning ihtiyoriy bir nuqtasining trayektoriyasi yotgan tekislik bilan boshqa nuqtasining trayektoriyasi yotgan tekislik qanday holatda bo'ladi?	
parallel	
perpendikulyar	
60° bilan kesishadi	
30° bilan kesishadi	

№ 193 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Tekis parallel harakatda tezlanishlar oniy markazi deb qanday nuqtaga aytiladi?
shu onda tezlanishi nolga teng bo'lgan nuqtaga
shu onda tezligi nolga teng bo'lgan nuqtaga
shu onda tezligi va tezlanishi perpendikulyar bo'lgan nuqtaga
shu onda tezlanishi radius vektoriga perpendikulyar bo'lgan nuqtaga

№194 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Tekis parallel harakatda qattiq jismning tezlanishlar oniy markazi qutb sifatida olinsa, qattiq jismning ihtiyoriy nuqtasining tezlanishi nimaga teng bo'ladi
* $\vec{w}=\vec{w}_{OB}^{ay}+\vec{w}_{OB}^{m.i.}$
$\vec{w}=\vec{w}_{OB}^{ay}$
$\vec{w}=\vec{w}_{OB}^{m.i.}$
$\vec{w}=0$

№ 195 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси –2 ;

Burchak tezlik $\omega(t)$ vaqtni funksiyasi bo'lsa burchak tezlanish ε qanday aniqlanadi?
$\varepsilon=\dfrac{d\omega}{dt}$
$\varepsilon=\int\omega\, dt$
$\varepsilon=\varpi^2$
$\varepsilon=\dfrac{1}{\varpi}$

№ 196 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Aylanma harakatda burchak tezlanish va burchak tezlik vektorlari bir tarafga yo'nalgan bo'lsa, jism qanday aylanma harakatda bo'ladi?
tezlanuvchan
tekis sekinlanuvchan
tekis

tekis o’zgaruvchan

№ 197 Фан боб – 2; Фан бўлим – 4 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Radiusi 0,5 m bo’lgan to’g’ri chiziq bo’ylab sirpanmasdan harakatlanayotgan g’ildirak markazining tezligi 15m/s. Uning tekislik bilan urinish nuqtasining tezligini aniqlang.
0
7.5
30
8

№198 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Aylanma harakatda burchak tezlik va burchak tezlanish vektorlari qarama qarshi yo’nalgan bo’lsa jism qanday aylanma harakatda bo’ladi?
*sekinlanuvchan
tekis tezlanuvchan
tekis
tekis o’zgaruvchan

№ 199 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qattiq jism $\varpi(t) = 2\dfrac{rad}{s}$ burchak tezlik bilan aylanayotgan bo’lsa. Jism qanday harakat qilayotgan bo’ladi?
tekis aylanma
notekis
tekis tezlanuvchan
tekis sekinlanuvchan

№ 200 Фан боб –2 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Qattiq jismning qo’zg’almas nuqta atrofidagi aylanma harakatida, oniy aylanish o’qida yotgan nuqtaning nimasi nolga teng?
tezligi
urinma tezlanishi
normal tezlanishi
burchak tezligi

№ 201 Фан боб – ; Фан бўлим – ; Қийинчилик даражаси – ;

Kariolis tezlanishni miqdori qaysi javobda to’g’ri ko’rsatilgan?
$w_k = 2\varpi_e v_r \sin(\varpi_e \hat{} v_r)$
$w_k = \cos\alpha$
$w_k = \sin(\varpi_r \hat{} v_r)$
$w_k = \varpi_e v_r$

№ 202 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 5 ; Қийинчилик даражаси – 3 ;

Kariolis tezlanishni miqdori qaysi javobda to’g’ri ko’rsatilgan?
$w_k = 2\varpi_e v_r \sin(\varpi_e \hat{} v_r)$
$w_k = \cos\alpha$
$w_k = \sin(\varpi_r \hat{} v_r)$
$w_k = \varpi_e v_r$

№ 203 Фан боб –1 ; Фан бўлим – 6 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Agar ko’chirma harakat burchak tezligi va nisbiy harakat tezligi α tekislikda yotsa, koriolis tezlanish qaysi tekislikda yotadi?
*α tekislikka perpendikulyar tekislikda yotadi
α tekislikka parallel tekislikda yotadi
α tekislikda yotadi
nolga teng bo’ladi

№ 204 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – ;

Aylanma harakatda nuqtaning urinma $\vec{w}^{\tau}$ va normal $\vec{w}^{n}$ tezlanishlari berilgan bo'lsa, ular orasidagi burchak nimaga teng bo'ladi?
90°
180°
75°
0

№ 205 Фан боб – 2 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси – 2 ;

Aylanma harakatda nuqtaning urinma $\vec{w}^{\tau}$ va normal $\vec{w}^{n}$ tezlanishlari berilgan bo'lsa, urinma va to'la tezlanish orasidagi burchakni toping?
$\alpha = arctg\dfrac{w^n}{w^{\tau}}$
$\alpha = arctgw^n$
$\alpha = arctgw^{\tau}$
$\alpha = \arcsin w^n$

№206 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 2 ; Қийинчилик даражаси –3 ;

Aylanma harakatda nuqtaning to'la tezlanishi qachon urinma tezlanishga teng bo'ladi?
$*\varpi = 0$
$\varepsilon = 0$
$\varpi\varepsilon = 1$
$\varpi \neq 0$

№ 207 Фан боб – 1 ; Фан бўлим – 3 ; Қийинчилик даражаси – 1 ;

Aylanma harakatda nuqtaning to'la tezlanishi qachon narmal tezlanishga teng bo'ladi?
$*\varepsilon = 0$
$\varpi = 0$
$\varpi = 1$
$\varepsilon = 0,5$