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

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA KAFEDRASI

“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:

U.Boboho’jayev. NamDU fizika kafedrasi dosenti, f-m.f.n.

Taqrizchi:

A.Nabiyev. NamDU fizika kafedrasi dosenti, 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 29-avgustdagi 1- sonli bayonnoma)

Fakultet dekani: **O.Ismanova**

MUNDARIJA

1. Ma’ruzalar matni
2. Amaliy mashg’ulotlar
3. Laboratoriya mashg’ulotlar
4. Mustaqil ta’lim mashg’ulotlari
5. Glossariy
6. Ilovalar:

- fan dasturi;
- ishchi fan dasturi;
- tarqatma materiallar;
- testlar;
- ishchi fan dasturiga muvofiq baholash mezonlarini qo’llash bo’yicha uslubiy ko’rsatmalar;

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

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
FIZIKA KAFEDRASI

FIZIKA KURSI

«MEXANIKA » FANIDAN

MA’RUZALAR MATNI

NAMANGAN 2023 y.

SO‘Z BOSHI

XXI asrda ilmiy-texnikaviy inqilobning yanada shiddatli ravishda o‘sishi oliy o‘quv yurtlarida fizika kursining mazmunini tubdan qayta ko‘rib chiqishni taqozo etmoqda. Zamonaviy muhandisdan faqat klassik fizikadangina emas, balki hozirgi zamon fizikasi (kvant mexanikasi va elektronikasi, qattiq jisimlar fizikasi va boshqalar) dan ham chuqur bilimlar talab qilinmoqda. Biroq davrimizning asosiy xususiyati — axborotlar texnologiyasi va ko‘lamining tez kengayib borishi, vaqt tanqisligi esa katta hajmdagi o‘quv adabiyotlariga ehtiyojni kamaytirib, asosiy mahlumotlarni mujassamlashtirgan ixcham va uslubiy jihatdan yuqori did bilan tuzilgan qo‘llanmalarga zaruriyat tug‘dirmoqda.

Shu munosabat bilan Namangan davlat universiteti «Fizika» kafedrasining professor–o‘qituvchilari uzoq yillar talabalarga o‘qigan ma’ruzalari asosida ushbu «Fizika kursidan ma’ruzalar matni» ni yaratishdi. U oliy o‘quv yurtlarining fizika fani o‘qitiladigan bakalavriat yo‘nalishlarining talabalariga mo‘ljallangan bo‘lib, O‘zbekiston Respublikasi Oliy va O‘rta maxsus tahlim Vazirligining o‘quv–uslubiy boshqarmasi tomonidan tasdiqlangan fizikadan yangi namunaviy o‘quv dasturiga mos keladi.

Qo‘llanmani tayyorlashda mualliflar o‘zlarining ko‘p yillik tajribalariga tayanib, fizik tushunchalar va kattaliklar, hodisalar va qonunlarning fizik mohiyatlarini sodda va ravon tilda qiziqarli tarzda bayon qilishga harakat qildilar. Matematik saviya bo‘yicha «Ma’ruzalar matni» oliy o‘quv yurtlari birinchi bosqich talabalarining matematik tayyorgarligiga mos keladi. Ayrim joylarda zaruriyat tug‘ilganda muhim matematik ifodalar keltirib chiqarilgan yoki izoh berilgan. Har bir ma’ruza tegishli «Reja», «Tayanch so‘zlar va iboralar», «Mustaxkamlash uchun savollar» va «Asosiy adabiyotlar» bilan ta’minlangan.

1-ma’ruza. Kirish. Mexanika fani predmeti. Fazo, vaqt va sanoq sistemalari to`g’risida tushuncha.

Reja:

1. **Fizika fani. Fizikaviy tadqiqot usullari, tajriba, gipoteza, ilmiy izlanish, nazariya.**
2. **Fizika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi. Fizika tarixining muhim bosqichlari. Texnikani rivojlanishida va muxandislik kasbini egallashda fizikaning roli.**
3. **Fizika kursining 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, fizika va boshqa fanlar, fizika va texnika, fizik kattaliklar, asosiy va qo‘shimcha birliklar.

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

Fizika grekcha «Phyzis» so‘zidan olingan bo‘lib, tabiat ma’nosini bildiradi. Fizika 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.

Fizika materiya 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 fizika kashf qilgan butun dunyo tortishish qonuniga bo‘ysunadi. Hamma tabiatda bo‘ladigan jarayonlar fizika aniqlagan qonunga – energiyaning saqlanish qonuniga bo‘ysunadi.

Fizika barcha 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. Fizika 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 fizika bilan 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 o'tgan bo'ladi. Shuni ham qayd qilmoq lozimki, nazariyalar ham vaqt o'tishi bilan rivojlantiradi. Eksperiment texnikasini o'sishi 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. Fizika fanining boshqa fanlar bilan aloqasi. Fizika tarixining muhim bosqichlari. Texnikani rivojlanishida va muxandislik kasbini egallashda fizikaning roli

Fizika bizning eramizdan ilgariroq vujudga kelgan fan, o'sha vaqtda uning tarkibiga hozir ximiya, astronomiya, biologiya, geologiya deb nom olgan bir qator tabiiy fanlar ham kirgan. Keyinchalik, ular mustaqil fanlar darajasida shakillangan. Umuman, fizika va boshqa tabiiy fanlar orasida keskin chegara mavjud emas. Bu

so‘zlarning dalili sifatida ximiyaviy fizika, geofizika, biofizika kabi birlashgan fanlarning vujudga kelishini ko‘rsatish 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 o‘zaro chambars-chars bog‘liq. Ajoyib fizik kashfyotlar ertami-kechmi texnikada katta o‘zgarishlar yasaydi. Masalan, elektromagnit to‘lqinlarni tarqatish va qayd qilish, ya’ni radioaloqaning ixtiro qilinishi radiotexnikaga hayot bag‘ishladi. Ikkinchi misol, neytronlar va ular ta’sirida og‘ir yadrolar bo‘linishining kashf qilinishi yadroviy energetikaga asos soldi. O‘z navbatida texnika taraqqiyoti fizikaning rivojlanishini rag‘batlantiruvchi muhim omildir. Birinchidan, texnika fizika fani oldiga yangi vazifalar qo‘yadi. Ikkinchidan fiziklarni yangi materiallar, aniqroq asboblar va qurilmalar bilan ta’minlaydi. Masalan, hozirgi vaqtda yadroviy tadqiqotlarni zamonaviy texnika taraqqiyotini o‘zida mujassamlashtirgan qurilmalar (yadroviy reaktor, sinxrofazotron, yarimo‘tkazgichli mikrosxemalar, elektron-hisoblash mashinalar)siz tasavvur qilib bo‘lmaydi, albatta.

Fizika fani erishayotgan yutuqlar falsafiy dunyoqarashlarni rivojlantiradi. Masalan, XIX asr oxiri va XX asr boshidagi fizik kashfiyotlar (radioaktivlik, elektron massasining tezlikka bog‘liq ravishda o‘zgarishi, energiya va massaning o‘zaro bog‘liqligi, elektron-pozitron juftining annigilyatsiyasi, nisbiylik nazariyasi va shunga o‘xshash) ko‘pgina 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. Fizika 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 fizika yutuqlariga 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: “Fizika prinsiplari va qonunlarining, asosiy tushunchalari va ta’riflarining nihoyat keng harakteri bu fanni falsafa bilan yaqinlashtiradi. Fizika fanining mohiyati haqidagi aniq tasavvurlarga ega bo‘lmasdan turib falsafiy jihatdan ma’lumotli bo‘lish mumkin emas”.

Fizika fanining taraqqiyoti boshqa fanlarning rivojlanishiga ham hissa qo‘shayapti. Masalan, ximiya va biologiya fanlarida oxirgi kashfyotlarning aksariyati nazariy va eksperimental fizika metodlariga 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. Fizika kursining umumiy tuzilishi. Fizikaviy kattaliklar va ularning o‘lchov birligi. Fizikaviy birliklarning xalqaro sistemasi.

Fizika fanini quyidagi 3 qismga bo‘lib o‘rganiladi. 1-qismga: mexanika, molekulyar fizika va 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. Fizika fani nimani o‘rganadi?
2. Materiya turlariga misollar keltiring.
3. Fizika 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. Fizika va 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. Fizika nechta tarkibiy qismlarga bo‘linadi va qanday bo‘limlardan iborat?

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.

2-ma’ruza. To’g’ri chiziqli harakat. To’g’ri chiziqli tekis harakat. To’g’ri chiziqli tekis o’zgaruvchan harakat.

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.

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. Fizika 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.

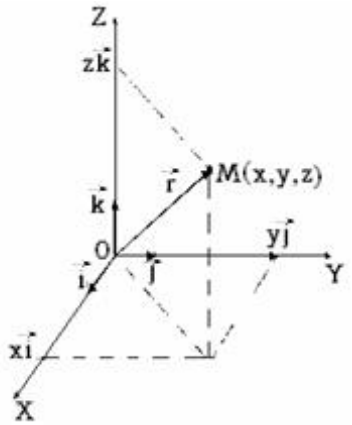
Hamma jismlar fazo va vaqtda mavjud va harakatlanadi. Fazo va vaqt tushunchalari hamma tabiiy fanlar uchun asosiydir. Har qanday jism hajmga, ya’ni fazoviy ko‘lamga ega. Vaqt-har qanday jarayon, ixtiyoriy harakatni tashkil etuvchi holatlarning almashinish tartibini ifodalaydi. U jarayonning davomiyligini 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 mos tushsa, bunday koordinatalar sistemasini o‘ng koordinatalar sistemasi deyiladi.



2.1-rasm

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:

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

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:

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

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 $S(t) > \cup AB$.

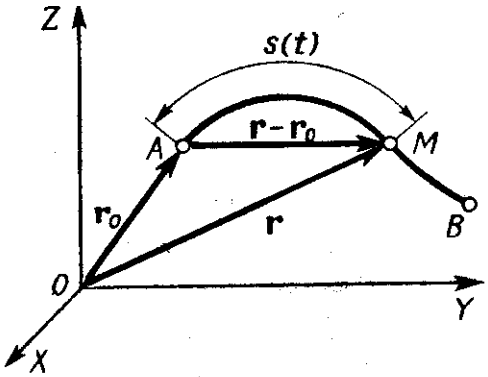
t=t_1 dan t=t_2 gacha vaqt oraligidagi **nuqtaning ko‘chish vektori** deb, ko‘rilayotgan vaqt oraligida shu nuqta radius- vektorining orttirmasiga aytiladi:

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

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,

$$d\vec{r} = |d\vec{r}|\vec{\tau} = dS \cdot \vec{\tau} . \qquad (2.4)$$



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:

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

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 $\Delta\vec{r}$ ni uning davomiyligi Δt ga nisbatiga teng bo‘lgan $<\vec{\mathbf{v}}>$ vektorga aytiladi:

$$<\vec{\mathbf{v}}> = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \qquad (2.6)$$

O‘rtacha tezlik orttirma vektori $\Delta\vec{r}$ 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

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

(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

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

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

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

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:

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

bunda (2.1) va (2.8) ga asosan

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

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

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

$$\Delta S = \int_t^{t+\Delta t} \upsilon \cdot dt \tag{2.12}$$

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.

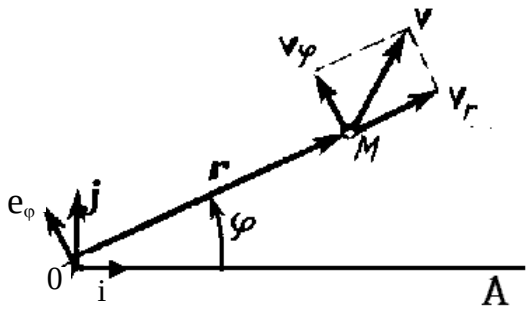
Mexanikada ko‘pincha tezliklari bir-biriga nisbatan harakatlanuvchi turli sanoq sistemalarida berilgan ikki yoki undan ortiq bir vaqtda ro‘y berayotgan harakatlarni qo‘shilishi sodir bo‘ladigan masalalar bilan ish ko‘rishga to‘g‘ri keladi. Oddiy misol sifatida quyidagi masalani ko‘ramiz: teploxod suvga 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** $\vec{\mathbf{v}}_\mathbf{r}$ **va transversal tezlik** $\vec{\mathbf{v}}_\varphi$ larga ajratish mumkin:

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

$\vec{\mathbf{v}}_\mathbf{r}$ 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,

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

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.

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

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 tezlanish deb ataluvchi vektor fizik kattalik kiritiladi.

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

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

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

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

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:

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

bu erda

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

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:

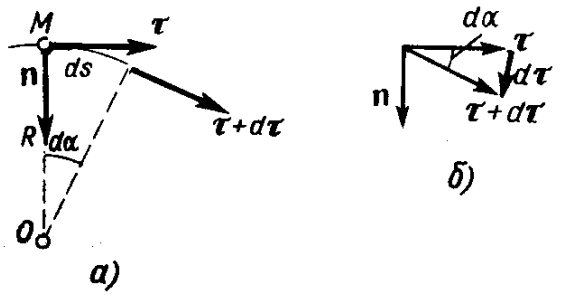
$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau. \tag{2.18}$$

$\vec{a}_\tau = a_\tau\vec{\tau}$ 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 $\vec{\mathbf{v}} = \upsilon\vec{\tau}$ uchun (2.9) munosabatdan foydalanamiz. Shunday qilib,

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

Bu erda $d\vec{\tau}$-nuqtaning kichik dt vaqt ichida traektoriya bo‘yicha o‘tadigan dS=υdt 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,

$$\frac{d\vec{\tau}}{dt} = \frac{d\alpha}{dt}\vec{n} = \frac{\upsilon}{R}\vec{n} \ . \qquad (2.20)$$

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

$$\vec{a} = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau} + \frac{\upsilon^2}{R}\vec{n} \ . \qquad (2.21)$$

Nuqtaning urinma tezlanishi (2.21)dan ko‘rinadiki,

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\upsilon}{dt}\vec{\tau} \qquad (2.22)$$

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 $\vec{\mathrm{v}}$ 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 $\vec{\mathrm{v}}$ 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

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

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:

$$a_n = \frac{\upsilon^2}{R} \qquad (2.23`)$$

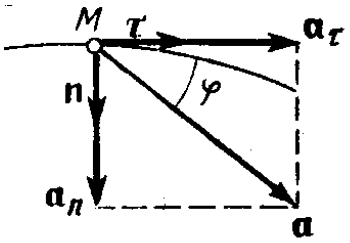
manfiy bo‘lishi mumkin emas. Shu sababdan nuqtaning normal tezlanishini ko‘picha **markazga intilma tezlanish** ham deyiladi. Agar nuqta to‘g‘ri chiziqli harakat qilayotgan bo‘lsa, nuqtaning normal tezlanishi nolga teng bo‘ladi. Nuqtaning aylana bo‘ylab tekis harakatida a_n=const, biroq aylananing har 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

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

Egri chiziqli harakatda nuqtaning tezlanish vektori har doim traektoriyaning 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.



2.5- rasm.

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.**

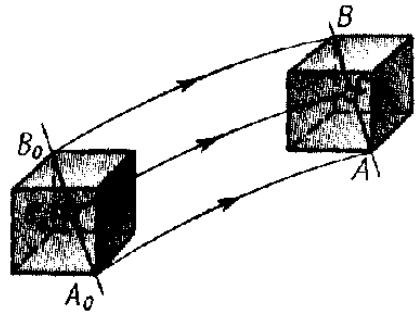
Nuhoyat, jismning 0X o‘qi bo‘yicha tekis o‘zgaruvchan to‘g‘ri chiziqli ilgarilanma harakati uchun o‘rta maktabdan ma’lum

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

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



2.6 – rasm.

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.

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.

3 – ma’ruza. Egri chiziqli harakat. Aylanma harakat. Qattiq jism kinematikasi. Burchak tezlik va burchak tezlanish vektorlari.

Reja:

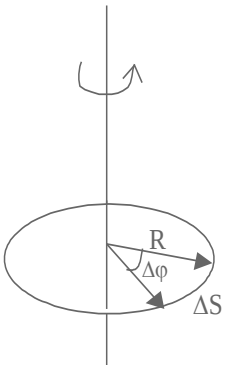
1. Moddiy nuqta aylanma harakat kinematikasi: burchak tezlik, chiziqli tezlik va ular orasidagi bog‘lanish. Burchak tezlanish.

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

Tayanch so‘zlar va iboralar: Tekis egri chiziqli harakat, tezlanish, oniy tezlanish, normal va tangentsial tezlanish, burchak tezlik va tezlanish

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

Modday nuqta R radiusli aylana bo‘ylab harakatlanayotgan bo‘lsa, uning harakati burchakli tezlik va burchakli tezlanish bilan xarakterlanadi. Moddiy nuqta Δt vaqt o‘tgach Δφ burchakka buriladi (2.7-rasm).



2.7-rasm

Burilish burchagining vaqt birligi ichida o‘zgarishi bilan ifodalanadigan vektor kattalik moddiy nuqtaning aylana bo‘ylab burchak tezligi deyiladi.

$$\omega = \lim_{\Delta t \to o} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t},$$

ya’ni

$$\omega = \Delta\varphi/\Delta t \quad , \qquad (2.28)$$

ω – radian/s.

Moddiy nuqtaning chiziqli tezligi

$$V = \lim_{\Delta t \to o} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to o} \frac{R \cdot \Delta\varphi}{\Delta t} = R \lim_{\Delta t \to o} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = R \cdot \omega. \qquad (2.29)$$

Agar ω = const bo‘lsa, harakat aylana bo‘ylab tekis bo‘ladi. Nuqta to‘liq bir marta aylanganda Δφ = 2π va Δt = T bo‘ladi. U holda Δφ/Δt = 2π/T bo‘ladi. Oxirgi tenglikdan

$$T = 2\pi/\omega . \qquad (2.30)$$

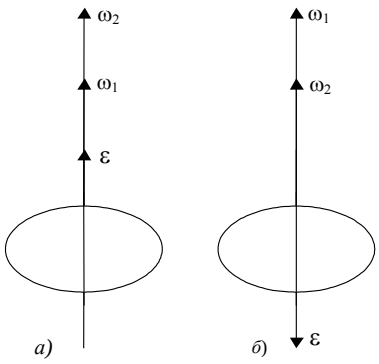
Vaqt birligi ichidagi aylanishlar soni, aylanish takrorligi deyiladi.

$$n = 1/T \qquad (2.31)$$

yoki

$$n = 1/(2\pi/\omega) = \omega/2\pi . \qquad 2.32)$$

Burchak tezlanish vektor kattalik bo‘lib, burchak tezlikdan vaqt bo‘yicha olingan hosila bilan ifodalanad:.



2.8-rasm.

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{d}\boldsymbol{\omega}/dt\,, \qquad (2.33)$$

ε = rad/s^2 da o‘lchanadi.

2.33 - tenglikdan burchak tezlanish aylanish o‘qi bo‘ylab burchak tezlikni ortish yo‘nalishi bo‘ylab yo‘nalganligi kelib chiqadi.

Agar harakat tekis tezlanuvchan bo‘lsa, vektor **ε** burchak tezlikka parallel (2.8a-rasm), harakat sekinlanuvchan bo‘lsa, burchak tezlanish (**ε**) burchak tezlikka (**ω**) teskari yo‘nalgan bo‘ladi (2.8b-rasm).

2. Hosila va integrallning fizikaviy masalalarga tadbiqi. Absolyut qattiq jismning erkinlik darajasi

Hosila tushunchasi sof matematikaviy nuqtai nazardan faqatgina uzluksiz funktsiyalar uchun, aniqrog‘i, funktsiyalarning uzluksizlik sohasidagina mazmunga ega. Fizikada ixtiyoriy fizikaviy kattalik bir yoki bir nechta kattaliklarning funktsiyasi sifatida qaralishi mumkin. Masalan, jism bosib o‘tgan yo‘l vaqtning funktsiyasi, ya’ni harakatdagi jismning bosib o‘tgan yo‘li harakatlanish vaqtiga bog‘liq bo‘ladi. Bu bog‘lanish oshkor bo‘lmagan ko‘rinishda s = s(t) shaklda yoziladi. Shuningdek, harakat tezligi va tezlanishi ham vaqtning funktsiyasi sifatida $\upsilon = \upsilon(t)$ va $a=a(t)$ ko‘rinishida yozilishi mumkin. Ba’zi fizikaviy kattaliklarni, jumladan, tezlik va tezlanishni ham koordinatalarning funktsiyasi sifatida ifodalash mumkin. Bunday kattaliklarga eng oddiy misol-jism zichligidir. Haqiqatan ham, umumiy holda jism zichligi hajmning turli bo‘laklarida turlicha bo‘lishi mumkin. Masalan, havo molekulalarining zichligi oddiy sharoitda Er sirtiga yaqin joylashgan qatlamlarda kattaroq bo‘lib, balandlik ortgan sari kamaya boradi. Agar koordinatalar tizimining Er sirtiga tik yo‘nalgan o‘qini Z orqali belgilasak, bu bog‘lanish funktsional ko‘rinishda $\rho = \rho(Z)$ kabi yoziladi. Jismlarning zichligi hajmga bog‘liq bo‘lgani uchun umumiy holda $\rho = \rho(x,y,z)$ funktsiya yordamida aniqlanadi.

Endi zichlik tushunchasi vositasida fizikaviy masalalarda hosila tushunchasining ishlatilish mazmunini qarab chiqaylik. Ta’rifga asosan, jismning o‘rtacha zichligi uning hajm birligiga to‘g‘ri keluvchi massasiga son jihatidan teng, ya’ni $\rho_{o'} = m/V$

Agar bizni biror elementar hajmdagi zichlik qiziqtirsa

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

formuladan foydalanamiz; bunda Δm - elementar hajmi (ΔV) dagi massa.

Matematikaviy nuqtai nazardan jismning biror bir “nuqta”dagi zichligi

$$\rho = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}$$

formula bilan, ya’ni jism massasidan hajm bo‘yicha olingan hosila sifatida aniqlanishi lozim.

Shuni alohida taokidlash lozimki, massadan hajm bo‘yicha (fizikaviy mazmunda) hosila olishda hajmning cheksiz kichik orttirmasi o‘rniga chekli kichik orttirmasidan

foydalanish hisoblashda xatoliklarga olib kelmaydi, aksincha, $\Delta V \to 0$ deb qaralganda kelib chiquvchi qator xatoliklarni bartaraf qilib, matematikaviy ifodaga fizikaviy mazmun beradi.

Ma'lumki, differensial tushunchasi cheksiz kichik orttirma mazmuniga ega. Modomiki, fizikaviy kattaliklarning matematikaviy mazmundagi cheksiz kichik orttirmasi mavjud emas ekan, demak ularning matematikaviy mazmundagi differensiali haqida gapirish mumkin emas. Ammo fizikada fizikaviy nuqtai nazardan cheksiz kichik deb qarash mumkin bo'lgan orttirmalar uchun ham df va dy belgilashlardan foydalaniladi. Xuddi shuningdek, fizikaviy kattaliklarni ifodalovchi funktsiya va argumentlar orttirmalari nisbatining argument orttirmasi nolga intilgandagi limiti deyarli barcha hollarda mavjud bo'lmaganligidan fizikada hosila sifatida etarli darajada kichik qilib olingan orttirmalar nisbatidan foydalaniladi va bu hosila

$$f' = \frac{df}{dy}$$

kabi belgilanadi. Bu o'rinda fizikaviy kattaliklar uchun

$$\frac{df}{dy} \neq \lim_{\Delta y \to 0} \frac{\Delta f}{\Delta y}$$

ekanligini yodda tutish lozim.

Matematika va fizika fanlarida ishlatiluvchi hosila tushunchalari mazmun jihatdan farq qilganlari kabi integral tushunchasi ham har holda turlicha mazmunga egadir. Matematikada integrallash amali

$$\lim_{\Delta y \to 0} \sum_{i=1}^{\infty} f(y_i)\Delta y_i$$

limitga o'tish sifatida ta'riflanadi, ya'ni

$$\lim_{\Delta y \to 0} \sum_{i=1}^{\infty} f(y_i)\Delta y_i = \int_a^b f(y)dy .$$

Ammo fizikada $\Delta u \to 0$ kattalikni aniqlash (o'lchash) mumkin emas. Qolaversa, f(y) biror fizikaviy kattalikni ifodalaganda qaralayotgan limit ko'p hollarda mavjud bo'lmaydi.

Agar Δu_i etarli darajada kichik, lekin argumentning shu qiymatlari bo'lgan darajada katta bo'lsa $\sum_{i=1}^{\infty} f(y)\Delta y_i$ yig'indi muayyan fizikaviy mazmunga ega bo'ladi. SHunga ko'ra fizikada integral yig'indining limiti sifatida emas, balki etarli darajada kichik bo'lgan juda ko'p qo'shiluvchilarning yig'indisi sifatida aniqlanadi, ya'ni:

$$\int_a^b f(y)dy = \sum_{i=1}^{n} f(y_i)\Delta y_i .$$

Xususan, agar f(y) funktsiya tezlikning vaqtga bog'liqligini ifodalasa,f(y) = V(t) bo'ladi; u holda taorifga asosan Δt vaqt oralig'ida bosib o'tilgan yo'l

$$\Delta s_i = V_i \cdot \Delta t$$

formula bilan aniqlanadi. Agar biror etarli darajada katta vaqt oralig'ida bosib o'tilgan yo'lni hisoblamoqchi bo'lsak, tabiiy ravishda, elementar vaqtlar oraliqlarida bosib

o‘tilgan yo‘llarning yig‘indisini olishimiz kerak, ya’ni (bu va bundan keyingi o‘rinlarda yig‘indi $\sum_i$ ko‘rinishda berilgan bo‘lsa, $\sum_{i=1}^{n}$ $s = \sum_i s_i = \sum_i V_i \Delta t_i$. mazmunida tushunilsin)

Umumiy xolda tezlik vaqt davomida o‘zgarib borganligidan, hisoblash to‘g‘ri bo‘lishi uchun Δt vaqt oralig‘ini shunday tanlashimiz kerakki, bu oraliqda tezlik deyarli o‘zgarmay qolsin. Bu holda

$$\sum_i V_i \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} V(t)dt$$

tenglik o‘rinli bo‘ladi. Demak,

$$s = \int_{t_1}^{t_2} V(t)dt$$

Fizikada integrallash amalidan fizikaviy kattaliklarning o‘rtacha qiymatlarini hisoblashda ham foydalaniladi. Haqiqatan ham ma’lumki, o‘rtacha tezlik yuqorida ko‘rsatilgandek

$$V_y = \frac{s}{t_2 - t_1}$$

formula bilan hisoblanadi. Ammo s ning ifodasini integral yordamida yozsak, bu formula

$$V_y = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} V(t)dt$$

ko‘rinishiga o‘tadi.

Shunday qilib, matematika amallarini fizik masalalarga rasman qo‘llashda formulalarning shakli o‘zgarmasa ham, ularning mazmuni ma’lum darajada o‘zgaradi. Bunday o‘zgarishlar fizikaviy masalani echishni qulay ko‘rinishga keltirish uchun sunoiy ravishda emas, balki fizika qonunlari va hodisalarning mohiyatidan kelib chiqib, tabiiy ravishda amalga oshiriladi.

Moddiy nuqta (jism) larning harakatini va istalgan paytda ularning fazodagi vaziyatini tavsiflashda erkinlik darajalari soni degan tushuncha kiritiladi. *Moddiy nuqtaning fazodagi holatini to‘liq aniqlashga imkon beruvchi bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan (mustaqil) kattaliklar soni uning erkinlik darajalari soni deyiladi.*

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.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.

4-ma’ruza. Yuqoriga tik otilgan jism harakati. Gorizontal va gorizontga qiya otilgan jism harakati va ularning harakat tenglamalari.

Reja:

1. Jismlarning erkin tushishi
2. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati
3. Gorizontal otilgan jismning harakati
4. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakati

Tayanch so‘zlar va iboralar: Erkin tushish, Harakatlanish vaqti, ko’tarilish balandligi, uchish uzoqligi,Egri chiziqli harakat, tezlanish, oniy tezlanish, normal va tangentsial tezlanish.

1.Jismlarning erkin tushishi

Jismlarning erkin tushishi boshlang’ich tezliksiz to’g’ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatga misol boia oladi.

Vakuumda jismlarning faqat og’irlik kuchi ta’sirida Yerga tushishi erkin tushish deyiladi.

Jismlarning erkin tushishini birinchi bo’lib tajribada italiyalik olim Galileo Galiley o’rgandi va erkin tushish qonunlarini aniqladi. Bu qonunlarni ta’riflashdan oldin quyidagi tajribani qilib ko’ramiz.

Uzunligi 1,5 m chamasida bo’lgan va bir uchi kavsharlangan, ikkinchi uchiga esa ichidan havoni so’rib olish uchun jo’mrak mahkamlangan shisha nay olib, uning ichiga turli og’irlik va har xil shakldagi jismlarni, masalan, qush pati, bir bo’lak po’kak, qo’rg’oshin pitra solaylik. Nayni to’ntarib tik vaziyatga keltirib, quyidagi hodisani kuzatamiz. Nayning ichida havo bo’lganda har xil jismlar turli tezlik bilan tushadi,

bunda qush pati qo'rg'oshin pitradan sezilarli orqada qoladi (28- a rasm). Nayning ichidagi havoni so'rib olib, tajribani takrorlasak, barcha jismlarning, ularning og'irligi va shakllaridan qat'iy nazar, nayning tubiga bir vaqtda tushishini ko'ramiz (1- b rasm). Demak, vakuumda hamma jismlar birday tezlanish bilan tushadi.

Galiley davrida havo nasoslari bo'lmagani uchun u o'z tajribalarini havoda o'tkazdi. Galiley og'ma minoralardan turli og'irlikdagi jismlarni baravar tashlab yuborganda ularning og'ir-yengilligiga qaramasdan Yerga deyarli bir vaqtda tushishini kuzatdi. Jismlarning harakatiga havoning ko'rsatadigan qarshiligini nazarga olmay, Galiley erkin tushishning quyidagi qonunlarini kashf etdi:

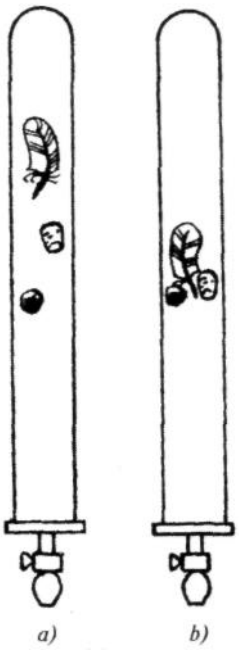
Jismlarning erkin tushishi boshlang'ich tezliksiz to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatdir.

Yerning muayyan joyida, barcha jismlar bir xil tezlanish bilan tushadi. Bu tezlanish erkin tushish tezlanishi deb ataladi va g harfi bilan belgilanadi.

Yerning aniq shar shaklida emasligi, ya'ni qutblarda biroz yassilanganligi hamda Yerning o'z o'qi atrofida aylanishi sababli, Yerning turli nuqtalarida erkin tushish tezlanishi turli qiymatlarga ega bo'ladi. Agar Yer sirtida ekvatordan qutbga tomon borilsa, erkin tushish tezlanishining qiymati ortib boradi. U ekvatorda 9,780 m/s^2, qutbda esa 9,832 m/s^2 ga teng. g=9,80665 m/s^2 bo'lgan erkin tushish tezlanishining qiymati normal qiymat deb hisoblanadi. Bu qiymat Yerning 45° geografik kengligidagi erkin tushish tezlanishining qiymatiga mos keladi.

Amalda Yerning barcha nuqtalarida erkin tushish tezlanishini bir xil deb hisoblab, uning g=9,8 m/s^2=980 sm/s^2 qiymatidan

foydalaniladi.



1-rasm

Erkin tushayotgan jism tezligi va yo'li formulalari to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat formulalaridan farq qilmaydi. Shu sababli boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakat tenglamalari (18) va (27) larda s ni h bilan, a ni g bilan almashtirish orqali erkin tushishda tezlik va yoi formulalarini hosil qilamiz:

$$\upsilon = gt\,, \qquad (1)$$

$$h = \frac{gt^2}{2}, \qquad h = \frac{\upsilon^2}{2g}. \qquad (1a)$$

$$\upsilon = \sqrt{2gh}. \qquad (1b)$$

Jismning ma’lum balandlikdan tushishiga ketadigan vaqtni, tushayotgan jismning istalgan nuqtadagi va istalgan paytdagi tezligini va boshqa kattaliklarni yuqorida keltirilgan (1), (1a) va (1b) formulalardan foydalanib hisoblab topish mumkin.

2. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati

Yuqoriga tik otilgan jismning harakati to’g’ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatga misol bo’la oladi.

Ma’lumki, jismlarning Yerga tortilishi tufayli, ular o’z-o’zidan yuqoriga qarab harakat qilmaydilar, ularni yuqoriga otish kerak, ya’ni ularga yuqoriga tik yo’nalgan biror boshlang’ich tezlik berish kerak.

Tajribalarda aniqlanishicha, yuqoriga tik otilgan jism erkin tushayotgan jismning tezlanishiga son jihatdan teng va unga qarama-qarshi yo’nalishli tezlanish bilan harakat qiladi. Shuning uchun bu harakatda tezlik kamaya boradi, binobarin, harakat tekis sekinlanuvchan bo’ladi. Yuqoriga tik otilgan jism tezligi nolga teng boiib qolguncha tekis sekinlanuvchan harakat qilib, yuqorilashib boradi. Tezligi nolga teng bo’lgan paytda u eng katta balandlikka (2-rasm, B nuqta) erishadi, so’ngra shu balandlikdan pastga qarab boshlang’ich tezliksiz erkin tusha boshlaydi. Bu yuqori nuqtada otilishning oxirgi va tushishning boshlang’ich tezligi o’zaro teng boiadi ($\upsilon = \upsilon_0 = 0$).

Agar yuqoriga tik otilgan jismning boshlang’ich tezligi υ_0, t sekunddan keyingi tezligi υ, shu vaqt ichida ko’tarilish balandligi h va erkin tushish tezlanishi g bo’lsa, unda quyidagi formulalarni yozish mumkin:

$$\upsilon = \upsilon_0 - gt. \qquad (2)$$

$$h = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}gt^2, \qquad (3)$$

$$h = \frac{\upsilon_0^2 - \upsilon^2}{2g}. \qquad (4)$$

Jism eng yuqori nuqtaga yetganda uning tezligi nolga teng bo’lgani uchun (2) formuladan

$$\upsilon_0 = gt \qquad (5)$$

va bundan jismning maksimal balandlikka ko’tarilish vaqti

$$t = \frac{\upsilon_0}{g} \qquad (6)$$

ekanligi kelib chiqadi.

2-rasm

Jismning maksimal ko'tarilish balandligini topishda (28a) formulaga t ning qiymatini (6) formuladan keltirib qo'yamiz, u holda

$$h_{\max} = \upsilon_0 \frac{\upsilon_0}{g} - \frac{g}{2} \bullet \frac{\upsilon_0^2}{g^2} = \frac{\upsilon_0^2}{2g} \qquad (7)$$

bo'ladi. Jismning tushishini $h_{\max}$ balandlikdan erkin tushishi deb qarash mumkin. Erkin tushishda o'tgan yo'l (1a) formulaga muvofiq $h_{\max} = \frac{\upsilon^2}{2g}$ bo'ladi, shuning uchun quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$\frac{\upsilon_0^2}{2g} = \frac{\upsilon^2}{2g}$$

bundan

$$\upsilon_0 = \upsilon$$

ekanligini ko'rish qiyin emas. Demak, jismniyuqoriga tik otishda trayektoriyaning ixtiyoriy nuqtasida ko'tarilish va tushish tezliklari teng bo'ladi (2- rasmga q.), ya'ni jism qanday tezlik bilan yuqoriga tik otilgan bo'lsa, shunday tezlik bilan otilish joyiga qaytib tushadi.

Havoda tik otilgan jism havoning qarshiligi bo'lgani sababli maksimal balandlikka ko'tarila olmaydi va uning qaytib tushgandagi oxirgi tezligi otilgan vaqtdagi boshlang'ich tezlikdan kichik bo'ladi.

Erkin tushishning oxirgi tezligini ifodalovchi (1) formuladan erkin tushish vaqtini topamiz:

$$t = \frac{\upsilon}{g} \qquad (8)$$

(6) va (8) formulalarni taqqoslab va $\upsilon_0 = \upsilon$ ekanligini nazarga olib, quyidagi xulosaga kelish mumkin: jismning tik yuqoriga ko'tarilish vaqti erkin tushish vaqtiga teng bo'ladi.

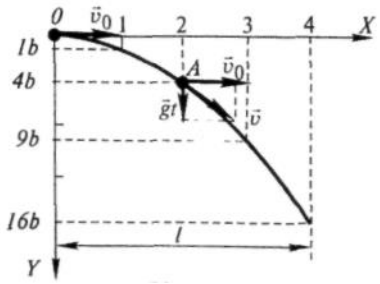
3. Gorizontal otilgan jismning harakati

Stol ustida turgan sharchani ko'z oldimizga keltiraylik. Agar shu sharchani stol ustidan gorizontal yo'nalishda turtib yuborsak, u stol chekkasiga yetgach, egri chiziqli harakat bilan Yerga tusha boshlaydi. Sharchaning bu harakati gorizontal otilgan jism harakatiga misol bo'la oladi. Bunday harakat murakkab bo'lib, u gorizontal yo'nalishda bo'ladigan υ_0 tezlikli to'g'ri chiziqli tekis harakat bilan vertikal yo'nalishda bo'ladigan

g tezlanishli to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatlar (erkin tushish)ning qo'shilishidan hosil bo'ladi. Biz bu o'rinda havoning jism harakatiga ko'rsatadigan qarshiligini nazarga olmaymiz.

Faraz qilaylik, boshlang'ich payt (t=0) da jism υ_0 tezlik bilan gorizontal yo'nalishda O nuqtadan otilgan bo'lsin (4-rasm). Sanoq boshi deb O nuqtani olib, unga to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasini bog'laymiz. X va Y o'qlar yo'nalishida sharchaning vaqt o'tishi bilan harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\left.\begin{aligned} x &= \upsilon_0 \bullet t \\ y &= \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$



4-rasm

Bu tenglamalar sistemasidan t ni yo'qotib, jismning harakat trayektoriyasi tenglamasini topamiz:

$$y = \frac{g}{2}\left(\frac{x}{\upsilon_0}\right)^2 = \frac{g}{2\upsilon_0^2} x^2$$

Bu ifodada x^2 oldidagi $\frac{g}{2\upsilon_0^2}$ o'zgarmas kattalik bo'lgani uchun uni b orqali belgilab,

$$y = bx^2 \qquad (17)$$

ifodani hosil qilamiz. Bu ifoda gorizontal otilgan jism harakat trayektoriyasining tenglamasidir. Uning ko'rinishini aniqlash uchun x ga ixtiyoriy, masalan, 1, 2, 3 va hokazo qiymatlar berib, bu qiymatlarga mos keladigan y ning qiymatlarini (17) formula yordamida hisoblab topish va olingan natijalarga asoslanib, y ning x ga bog'lanish grafigini chizish lozim. x va y ning qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

x	0	1	2	3	4
$y = bx^2$	0	b	$4b$	$9b$	$14b$

(16) formuladan y ning yo'nalishi g ning yo'nalishi bilan mos kelishi ko'rinib turibdi (chunki t^2>0). Shuning uchun OY o'qini 0 nuqtadan pastga tomon yo'naltirib (4-rasmga q), koordinata o'qlariga tanlab olingan masshtabda jadvaldagi kattaliklami qo'yib, olingan nuqtalarni birlashtiramiz. Bu egri chiziq gorizontal otilgan jismning harakat trayektoriyasi bo'ladi. Uni 3-rasmda tasvirlangan parabola bilan taqqoslab, gorizontal otilgan jismning harakat trayektoriyasi parabolaning bir tarmog'i ekanligini ko'rishimiz mumkin.

Gorizontal otilgan jismning uchish vaqti

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} \qquad (18)$$

va uchish uzoqligi

$$l = x_m = \upsilon_0 \bullet t = \upsilon_0 \bullet \sqrt{\frac{2y}{g}} \qquad (19)$$

formulalardan aniqlanadi.

Trayektoriyaning ixtiyoriy A nuqtasidagi tezlik $\vec{\upsilon}$ jism tezligining gorizontal υ_x va vertikal υ_y tashkil etuvchilari ustida chizilgan parallelogramm diagonali sifatida aniqlanadi:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_x + \vec{\upsilon}_y \qquad \text{yoki} \qquad \upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2}\ .$$

Gorizontal otilgan jism uchun $\upsilon_x = \upsilon_0$ va $\upsilon_y = gt$ bo'lganidan

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 + g^2 t^2} \qquad (20)$$

bo'ladi.

4. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakati

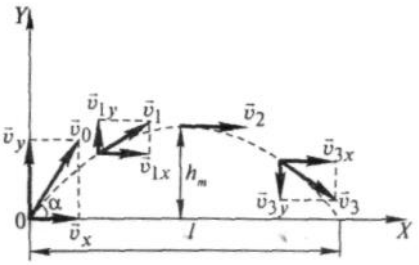
Biror jism gorizont bilan α burchak tashkil qiluvchi va son qiymati υ_0 ga teng bo'lgan boshlang'ich tezlik bilan otilgan, deb faraz qilaylik. Shu jism harakat trayektoriyasining ko'rinishini, uning harakat vaqtini, ko'tarilish balandligini va uchish uzoqligini aniqlaylik.

Jismning harakatini Yerga nisbatan qarab, Yerni sanoq boshi sistemasi qilib olamiz va unga to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasini joylashtiramiz (3- rasm). Havoning qarshiligini e'tiborga olinmasa, 3-rasmda qabul qilingan belgilarga muvofiq, jism tezligining tashkil etuvchilari uchun quyidagi ifodalarni yoza olamiz:

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_x &= \upsilon_0 \cos\alpha \\ \upsilon_y &= \upsilon_0 \sin\alpha - gt \end{aligned}\right\}. \qquad (9)$$

Oxirgi formuladan va 3-rasmdan ko'rinishicha, jism tezligining vertikal tashkil etuvchisi awal yuqoriga tik yo'nalgan bo'ladi va vaqt o'tishi bilan kamayib boradi, so'ng esa o'z yo'nalishini pastga tomon tik o'zgartiradi. Jismning koordinatalari vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Shuning uchun ularni vaqtning funksiyalari sifatida quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\left.\begin{aligned} x &= \upsilon_0 \cos\alpha \bullet t \\ y &= \upsilon_0 \sin\alpha \bullet t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$



3-rasm

Jismning harakati gorizontal yo'nalishda υ_x tezlikli tekis harakat bilan υ_y boshlang'ich tezlikda yuqoriga vertikal yo'nalgan tekis sekinlanuvchan harakat yig'indisidan iborat bo'lgan murakkab harakatdir. x va y ning (10) dagi ifodalaridan t vaqtni yo'qotib, trayektoriya tenglamasini topamiz:

$$y = tg\alpha \bullet x - \frac{g}{2\upsilon_0^2 \bullet \cos^2\alpha} \bullet x^2$$

Bu yerda α – berilgan burchak va υ_0 – boshlang'ich tezlikning son qiymati bo'lgani sababli x va x^2 oldidagi koeffitsientlar o'zgarmas kattalikdir, ularni a va b bilan belgilasak, u holda

$$y = ax - bx^2 \qquad (11)$$

bo'ladi, bu parabola tenglamasidir. Demak, gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jism parabola bo'yicha harakat qilar ekan. Trayektoriyaning eng yuqori nuqtasida tezlikning vertikal tashkil etuvchisi nolga teng ($\upsilon_y = 0$). Shuning uchun jismning maksimal balandlikka ko'tarilish vaqti t_1 ni (9-formula)

$$\upsilon_0 \sin\alpha - gt_1 = 0$$

tenglikdan aniqlash mumkin, bundan

$$t_1 = \frac{\upsilon_0 \bullet \sin\alpha}{g} \qquad (12)$$

bo'ladi.

Jismning ko'tarilish balandligi faqat tezlikning vertikal tashkil etuvchisiga bog'liq. Maksimal ko'tarilish balandligi h_m ni (10) formuladagi y ning ifodasiga maksimal balandlikka ko'tarilish vaqti (t_1) ning qiymatini qo'yib aniqlanadi, ya'ni

$$h_m = \upsilon_y \bullet t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \upsilon_0 \sin\alpha \bullet \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g} - \frac{g}{2}\left(\frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}\right)^2 = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \qquad (13)$$

Jismning ko'tarilish vaqti uning tushish vaqtiga teng ekanligi ko'rsatilgan edi. Shuning uchun jismning uchish vaqti

$$t = 2t_1 = \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g} \qquad (14)$$

munosabatdan topiladi.

Jismning uchish uzoqligi tenglikning faqat gorizontal tashkil etuvchisiga bog'liq. Shuning uchun t uchish vaqtining qiymatini (10) ga x ning ifodasiga keltirib qo'yib, jismning uchish uzoqligi l ni topish mumkin:

$$l = \upsilon_x \bullet t = \upsilon_0 \cos\alpha \bullet \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g} = \frac{\upsilon_0^2}{g} \sin 2\alpha \qquad (15)$$

Oxirgi formuladan ko'rinadiki, boshlang'ich tezlikning ma'lum qiymatida α=45° bo'lganda jism eng uzoqqa borib tushadi.

Yuqoridagi formulalarning hammasi jism vakuumda harakat qilgandagina to'g'ri bo'ladi. Jismning havodagi harakatiga havo qarshiligi anchagina ta'sir ko'rsatadi. Harakat vaqtida havo qarshiligi tufayli jismning tezligi kamayib boradi, natijada trayektoriya parabola emas, balki murakkab egri chiziqdan iborat bo'ladi.

Mustahkamlash uchun savollar:

1. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jism harakatining trayektoriyasi qanday?
2. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jism trayektoriya tenglamasini keltirib chiqaring.
3. Gorizontal otilgan jism qanday trayektoriya bilan harakatlanadi?
4. Gorizontal otilgan jism trayektoriya tenglamasini keltirib chiqaring.

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.

5-ma'ruza. Dinamika. Kuch va uzaro ta`sir. N`yuton qonunlari. Erkin bo`lmagan harakat.

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 o lingan 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

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

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

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

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

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

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

$$R = mV \qquad (3.6)$$

Bu tenglikni (3.5) ga qo‘yib

$$F = \frac{dP}{dt} \qquad (3.7)$$

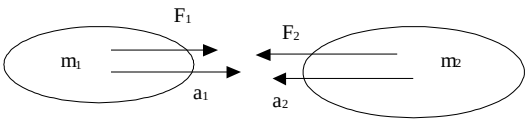
ni hosil qilamiz. (3.7) - tenglik Nyutonning ikkinchi qonunini umumiy ko‘rinishini ifodalaydi. (3.7) ga ko‘ra *jismga ta’sir etuvchi kuch impulsdan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng ekan.*

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.

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

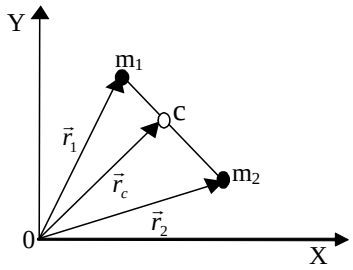
ya’ni:

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

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:

$$m = m_1 + m_2 + \ldots + m_n = \sum_i m_i . \qquad (3.15)$$

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

$\boldsymbol{a_c}$- 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.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.

6-ma'ruza. Impuls. Kuch va jism impulsi. Impulsni saqlanish qonuni. O`zgaruvchan massali jism harakati. Meshcherskiy tenglamasini keltirib chiqarish.

Reja:

1. **Harakat miqdori. Kuch impul'si.**
2. **Impulsni saqlanish qonuni**.

2. O'zgaruvchan massali jismlarning harakati. Reaktiv harakat

Tayanch so'zlar va iboralar Dinamikaning asosiy qonuni, Kuch va jism impuls, Meshcherskiy tenglamasi, Reaktiv harakat.

1. Harakat miqdori. Kuch impul'si.

Dastlab o'zgarmas f kuch ta'sirida vujudga kelayotgan harakatni, ya'ni w tezlanish vektorining o'zgarmas qiymati bilan xarakterlanadigan harakatni tekshiraylik. Jismning tezligi Δt vaqt oralig'ida $\Delta v = v_2 - v_1$ kattalikka o'zgarsin. U holda:

$$w = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t};$$

w tezlanishning bu qiymatini Nyutonning ikkinchi qonuni

$$\frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = k\frac{f}{m} \text{ yoki } \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t} = kf\ . \qquad (1)$$

ga qo'ysak:

$mv_2 - mv_1$ ayirma mv_2 va mv_1 kattaliklarning vektor ayirmasi ekanini nazarda tutish kerak. Jismnnng tezlik vektori v ni uning massasiga ko'paytirishdan hosil bo'ladigan mv kattalik harakat miqdori K deyiladi. Harakat miqdori

$$K = mv \qquad (2)$$

vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi tezlik vektori v ning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi.

(1) ifodani harakat miqdori orqali yozsak,

$$\frac{K_2 - K_1}{\Delta t} = kf \quad \text{yoki} \quad \frac{\Delta K}{\Delta t} = kf \qquad (3)$$

bo'ladi; bunda ΔK - harakat miqdori vektorining o'zgarishidir. (3) tenglik tekis o'zgaruvchan harakatda harakat miqdorining vaqt birligidagi o'zgarishi qo'yilgan kuchga proportsional bo'liishni va yo'nalishi kuch ta'sir qilayotgan yo'nalish bilan bir xil bo'lishini ko'rsatadi.

(3) tenglikdan foydalalib, kuchga quyidagicha ta'rif berish ham mumkin: jismga ta'sir qilayotgan kuch son qiymati shu jism harakat miqdorining vaqt birligidagi o'zgarishiga proportsional bo'lib, yo'nalishi harakat miqdori o'zgarishining yo'nalishi bilan bir hil bo'lgan vektor kattalikdir.

Naqt o'tishi bilan o'zgaradigan f kuch ta'siridagi ixtiyoriy tekismas harakat uchun (3) ifodani umumlashtiramiz. Bu holda (3) tenglikda Δt ni vaqtning cheksiz kichik o'zgarishi deb hisoblashimiz kerak, ya'ni:

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta K}{\Delta t} = kf \ , \qquad (3a)$$

bunda vektor f - kuchning berilgan paytdagi qiymatidir.

Keltirilgan mulohazalarga asosan, 15-paragrafdagi (3) tenglik bilan bu paragrafdagi (3a) tenglik bir-biriga tamomila ekvivalentdir, chunki ularning ikkinchisi bevosita birinchisidan keltirib chiqarilgan; ularning har ikkalasi ham Nyutopning ikkinchi qonunining aniq mazmunini ifodalaydi. Biroq, bu ekvivalentlik jismning massasi m o'zgarmas kattalik bo'lib, jismning tezligiga bog'liq emas deb qaralganda mavjud bo'ladi. Bunday qarash jismning tezligi yorug'lik tezligiga nisbatan juda kichik bo'lgandagina to'g'ri bo'ladi. Yorug'lik tezligiga yaqin tezliklarga ega bo'lgan harakatlarda m massa o'zgarmas bo'lib qolmaydi, u υ tezlikka bog'liq bo'ladi. Bunday tezliklarga ega bo'lgan harakatlar nisbiylik nazariyasining mexanikasiga bo'ysunadi. Biroq, bu holda (3a) ifoda o'z ma'nosini yo'qotmaydi; shunday qilib, 15-paragrafdagi (3) tenglikka qaraganda (3a) tenglik Nyutonning ikkipchi qonunining umumiy ifodasidir. Kuchning muayyan bir paytdagi qiymati bilan bir qatorda uning Δt vaqt oralig'idagi o'rtacha qiymati $\bar{f}$ dan ham foydalanishimiz mumkin. U xolda (3a) o'rniga

$$\frac{\Delta K}{\Delta t} = k\bar{f}$$

yoki

$$\bar{f}\Delta t = k'\Delta K = k'(mv_2 - mv_1) \qquad (4)$$

ifodani xosil qilamiz, bunda $k' = \dfrac{1}{k}$.

Kuchning o'rtacha qiymati $\bar{f}$ ni u ta'sir qilayotgan Δt vaqt oralig'iga ko'paytirish natijasida hosil bo'ladigan $\bar{f}\ \Delta t$ kattalik kuch impulsi deyiladi. Kuch impul'si vektor kattalikdir. (4) tenglik uqtiradiki, kuch impul'sining vektori kattalik bo'yicha harakat miqdorining kuch impul'si olinayotgan vaqt oralig'ida o'zgarishiga proportsional bo'lib, u bilan bir xil yo'nalishga ega bo'ladi.

2. Harakat miqdori (impuls)ning saqlanish qonuni

Moddiy nuqtalar yoki jismlar to'plamiga mexanik tizim deyiladi. Tizimdagi jismlarning o'zaro ta'sirlari tizimning ichki kuchlarini tashkil qiladi. Agar mexanik tizimga tashqi kuchlar ta'sir etmasa tizim yopiq yoki himoyalangan bo'ladi. *Agar bir necha jismlardan tashkil topgan mexanik tizim mavjud bo'lsa, tizimdagi jismlarning o'zaro ta'sir kuchlari, Nyutonning uchunchi qonuniga ko'ra, miqdor jihatidan teng, yo'nalishlari bir-biriga qarama-qarshi bo'ladi, ya'ni ichki kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'ladi.*

Tekshirilayotgan mexanik tizim n ta jismlardan iborat bo'lsin. Tizimdagi jism massalari m_1, m_2,..., m_n tezliklari ϑ_1, ϑ_2, ..., ϑ_n ichki kuchlarning teng ta'sir etuvchisi F', tashqi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi F bo'lsin. Har bir jism uchun Nyuton ikkinchi qonunini tadbiq etamiz:

$$\frac{d}{dt}\left(m_1\vec{\vartheta}_1\right)=\vec{F}_1{}' + \vec{F}_1$$
$$\frac{d}{dt}\left(m_2\vec{\vartheta}_2\right)=\vec{F}_2{}' + \vec{F}_2$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$\frac{d}{dt}\left(m_n\vec{\vartheta}_n\right)=\vec{F}_n{}' + \vec{F}_n$$

Bu tenglamalarni hadma-had qo‘shib quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{d}{dt}(m_1\vartheta_1+ m_2\vartheta_2+...+ m_n\vartheta_n)= \vec{F}_1{}' + \vec{F}_2{}' + ... + \vec{F}_n{}' + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n$$

Mexanik tizim ichki kuchlarining geometrik yig‘indasi nolga teng bo‘lganligi uchun

$$\frac{d}{dt}(m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2 + ... + m_n\vartheta_n) = \mathbf{F_1} + \mathbf{F_2} + ... + \mathbf{F_n}$$

yoki

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n \qquad (7.1)$$

Shunday qilib, mexanik tizim impulsidan vaqt bo‘yicha olingan hosila, tizimga ta’sir etuvchi tashqi kuchlarning geometrik yig‘indisiga teng ekan.

Mexanik tizim yopik bo‘lgani uchun

$$\mathbf{F_1} + \mathbf{F_2} + ... + \mathbf{F_n} = 0$$

Shunday qilib,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2 + ... + m_n\vartheta_n) = 0$$

yoki

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=0}^{n}\frac{d}{dt}(m_i\vec{\vartheta}_i) = 0,$$

ya’ni

$$\vec{P} = \sum_{n-1}^{n} m_i\vec{\vartheta}_i = const \qquad (7.2)$$

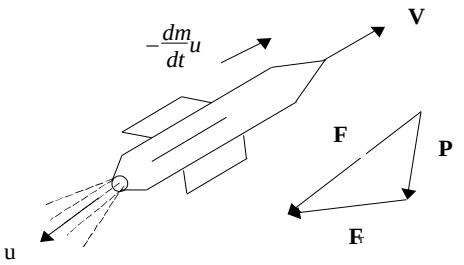
tenglik harakat miqdorining (impulsning) saqlanish qonunini ifodalaydi: Unga ko‘ra *yopiq mexanik tizimning impulsi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi*. Bu hulosa klassik mexanika uchungina o‘rinli bo‘lib qolmay, balki tabiatning fundamental qonunlaridan biri hisoblanadi.

O‘zgaruvchan massali jismlarning harakati. Reaktiv harakat

O‘zgaruvchan massali jism deganimizda klassik mexanika qonunlariga bo‘ysunib, o‘zining harakati davomida massasi o‘zgaradigan, ya’ni massasi kamayishi yoki ortishi mumkin bo‘lgan jism tushuniladi. Masalan, yoz kunlari ko‘chaga mashinalarda suv sepilishi, raketalar va reaktiv samolyotlarda yonilg‘i yonishi natijasida ularning massasi kamayadi. Erga har-xil meteoritlarning tushishi natijasida Erning massasi ortadi va hakozo. Ammo bunda tezlik ortishi bilan massa o‘zgarmaydi deb hisoblaymiz. Bu hollar uchun Nyutoning ikkinchi qonunini umumiy ko‘rinishda ifodalasak,

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m\vec{\vartheta})}{dt} = \vec{\vartheta}\frac{dm}{dt} + m\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = \vec{\vartheta}\frac{dm}{dt} + m\vec{a} \qquad (8.1)$$

bo‘ladi.(8.1) formuladan ko‘rinadiki, massasi o‘zgarishi bilan tezlik kattaligi ham o‘zgaradi, umumiy holda kuch yo‘nalishi bilan mos tushmaydi va tezlikning kuchga to‘g‘ri proportsianalligi saqlanmaydi. Agar kuch yo‘nalishi tezlik yo‘nalishi bilan bir yo‘nalishda yoki kuch tezlikka tik holatda yo‘nalsa, tezlanish bilan kuch bir yo‘nalishda bo‘ladi.



8.1-rasm

Biz yuqorida Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanib, o‘zgaruvchan massali jismga ta’sir etuvchi kuch ifodasini keltirdik. Endi impulsning o‘zgarishidan foydalanib, o‘zgaruvchan massali jism harakatini qarab chiqaylik. Buning uchun vaqt o‘tishi bilan massasi o‘zgaruvchi raketa harakati bilan tanishib chiqamiz. Harakat davomida raketaning massa markazi o‘zgarmaydi.

Raketada yongan yonilgidan hosil bo‘lgan gaz massasi raketadan chiqish (ajralish) vaqtidagina u bilan tasirlashadi. Gaz uzluksiz chiqib turganligi uchun raketaning massasi ham uzluksiz kamayib turadi (8.1-rasm). Raketaga tasir etuvchi tashqi **F** kuch raketa og‘irligi **P** bilan muxitning qarshilik $\mathbf{F_k}$ kuchlarning yig‘idisiga teng.

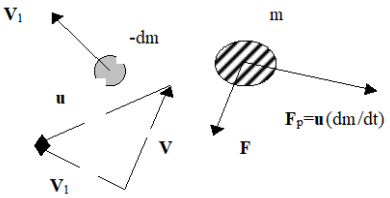
Raketaning t vaqtdagi massasi m, uning shu vaqtdagi tezligi ϑ bo‘lsin. Bu vaqt raketaning impulsi $\mathbf{p_1} = m\vartheta$ bo‘ladi. dt vaqtda raketadan gaz massasi v_1 tezlik bilan ajralib chiqsin (8.2-rasm). t + dt vaqtda harakat davomida sistema (raketa + gaz) ning impulsi

$$\mathbf{p_2} = [m - (-dm)] \cdot (\vartheta + d\vartheta) + (-dm) \cdot \vartheta_1$$

ga teng bo‘ladi.

Impulsning o‘zgarishi natijasida sistemaga tashqi kuchlar (og‘irlik va muxitning qarshilik kuchi) impulsi ta’sir etadi, ya’ni

$$\Delta p = p_2 - p_1 = [(m + dm)] \cdot (\vartheta + d\vartheta) - \vartheta_1 dm - m\vartheta = \mathbf{F}dt.$$



8.2-rasm

Qavsni ochib chiqib, dv dm ni juda kichik bo‘lgani uchun tashlab yuborib, hosil bo‘lgan ifodani dt ga bo‘lib yuborganimizda quydagi tenglik hosil bo‘ladi:

$$\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} - \vec{\vartheta}_1 \frac{dm}{dt} + \vec{\vartheta}\frac{dm}{dt} = \vec{F}$$

bundan

$$m\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F} + (\vec{\vartheta}_1 - \vec{\vartheta})\frac{dm}{dt} = \vec{F} + \vec{u}\frac{dm}{dt} \qquad (8.2)$$

bu o‘zgaruvchan massali jismning harakat tenglamasini ifodalaydi. Bu Mesherskiy tenglamasi deyiladi. $\vartheta_1 - \vartheta = \mathbf{u}$ *raketa bilan harakatlanuvchi sanoq sistemasiga nisbatan chiqayotgan gazning tezligi bo‘lib, u nisbiy tezlik deyiladi.*

(8.2) da $\frac{dm}{dt} = 0$ bo‘lsa, bu tenglik o‘zgarmas massali jism uchun Nyutonning ikkinchi qonuni ifodasiga o‘tadi.

(8.2) tenglikning o‘ng tomonidagi ikkinchi qo‘shiluvchi $\mathbf{u}\ \frac{dm}{dt} = \mathbf{F_r}$ ajralib chiqayotgan gaz massasi dm tomonidan m massaga ta’sir etuvchi reaktiv kuchdir. Uni e’tiborga olsak, (8.2) quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$m\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = \vec{F} + \vec{F}_p \qquad (8.3)$$

Bu tenglamani umumiy holda echish ancha murakkab, chunki reaktiv kuchni hisoblash qiyin. Shuning uchun havosiz muhitda, ya’ni tashqi kuchlar mavjud bo‘lmaganda jism harakatini o‘rganishga Mesherskiy tenglmasini qo‘llaylik. Tashqi kuch nol bo‘lgani uchun (8.3) quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$m\frac{d\vec{\vartheta}}{dt} = -\vec{u}\ \frac{dm}{dt} \qquad \text{yoki} \qquad d\vec{\vartheta} = -\vec{u}\ \frac{dm}{m} \qquad (8.4)$$

"-" ishorasi harakatlar qarama - qarshi ekanligini ko‘rsatadi va bunda u = /**u**/ desak, (8.4) quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$d\vartheta = -u\ \frac{dm}{m},$$

Bu ifodani integrallasak,

$$\vartheta = -u\ \ell n\ m + C. \qquad (8.5)$$

Integrallash doimiysini aniqlash uchun quyidagicha boshlang‘ich shart qo‘yaylik, ya’ni t = 0 da m = m_0 va $\vartheta = 0$ bo‘lsin. U vaqtda C = u ℓn m_0 bo‘ladi. Buni (8.5) ga qo‘ysak,

$$\vartheta = -u\ \ell n\ m + u \ln m_0 = u\ \ell n\ (m_0/m)$$

yoki

$$\frac{m_0}{m} = e^{\frac{\vartheta}{u}} \qquad (8.6)$$

Bu munosabatni Siolkovskiy formulasi deyiladi.

Bu munosabatni klassik mexanika qonunlari asosida keltirib chiqardik va tadbiqini ko‘rdik.

Siolkovskiy formulasi raketaga ma’lum ϑ tezlik berish uchun zarur bo‘lgan yonilg‘i zapasini hisoblashga imkon beradi. Tezliklar nisbatining turli kiymatlari uchun boshlang‘ich massa (m_0) ni oxirgi massa (m) ga nisbatini (8.6) formulada hisoblangan qiymatidan ko‘rinadiki, raketalar katta tezlikka ega bo‘lishi uchun raketa bilan yonmay (zapasda) turgan yonilgining m massasini kamaytirish kerak. Shuning uchun ham o‘z davrida Siolkovskiy taklif qilgan boskichli raketalardan hozirgi davrda kosmik kemalarni uchirishda keng foydalanilmoqda.

Jismga Er sirtidan v_1 = 7,9 km/s tezlik berilganda Erning sun’iy yo‘ldoshi sifatida v_2=11,2 km/s tezlik berilganda Quyoshning sun’iy yo‘ldoshi sifatida, Quyosh sistemasidan butunlay chiqarib yuborish uchun esa v_3 = 42,2 km/s tezlik berish kerak (Bu hisoblar maktab fizika darsligida to‘la bayon etilgan).

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.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.

7-ma'ruza. Kuchning ishi. FIK. Ish va energiya. Deformatsiya energiyasi. Kinetik energiya. elastik va noelastik tuqnashish.

Reja:

1. Energiya – sistemaning holat funktsiyasi sifatida. Ilgarilanma va aylanma harakatda ish va kinetik energiya. Quvvat.

2. Deformatsiya potensial energiya. Potensial energiya bilan kuch orasidagi bog'lanish.

3. Jismlar harakati energiyasining bir butunligi. Energiya saqlanish qonunining umum fizikaviy ma'nosi. Saqlanish qonunlari – fazo va vaqtning simmetriyaligi natijasidir.

Tayanch so'zlar va iboralar: Ish, mexanik ish, musbat va manfiy ish, quvvat, o'lchov birliklari, energiya, kinetik energiya, tizimning holat funktsiyasi, deformatsialangan jismning potensial energiyasi, konservativ, nokonservativ va dissipativ kuchlar, fazo va vaqtning simmetriyaligi.

1. Energiya – sistemaning holat funktsiyasi sifatida. Ilgarilanma va aylanma harakatda ish va kinetik energiya. Quvvat

Jismning impulsi haqidagi tushunchani yuqorida ko'rib o'tdik. Impuls (harakat miqdori)ni jism mexanik harakatining muayyan o'lchovi deb qarash mumkin. Lekin jismning bunday dinamik xarakteristikasi hamma harakat formalari uchun unversal o'lchov bo'la olmaydi. Buni quyidagi misollarda ko'rib chiqamiz.

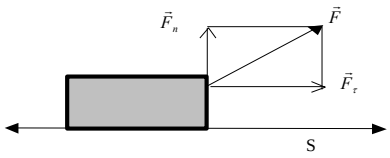
Agar bir-biriga qarama-qarshi harakatlanib kelayotgan ikkita bir xil, plastilindan yasalgan sharlarning noelastik urilishini kuzatsak, sharlar urilguncha harakatda edi, urilishdan sung sharlar tinch xolatda, ular harakatga ega emas. Bu xolatda impulsni

saqlanish qonuni bajarilyapti: urilishgacha sharlarning impulslar yig‘indisi nolga teng, urilishdan keyin ham nolga teng. Lekin sharlar urilishgacha harakatda edi, urilishdan keyin tinch xolatda. Agar biz impulsni harakatning universal o‘lchovi sifatida qarasak, unda harakatga ega bo‘lgan sharlarning harakati yo‘qolishi to‘g‘risida noto‘g‘ri xulosaga kelamiz. Agar sharlarning temperaturasini urilguncha va urilgandan keyin o‘lchasak, temperatura ko‘tarilganini sezamiz. Bunda sharlarning mexanik harakati yo‘qolgani yo‘q, u moddaning molekulyar harakatiga aylanadi. Demak, *impuls harakatning hamma hollarida ham universal o‘lchov bo‘la olmaydi*. Jismlarning ishqalanishi natijasida mexanik harakat issiqlikka aylanadi.

To‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan jismni kuzataylik. Jismlar o‘rtasida ishqalanish mavjud bo‘lganligi uchun jismlar qiziydi, ya’ni bunda jismlarning mexanik harakati shu jismlarni tashkil qilgan molekulalarning xaotik - issiqlik harakatiga aylanadi. Lekin jismning impulsi tug‘ri chiziqli tekis harakatda o‘zgarmay qoladi, ammo u ajralib chiqqan issiqlik miqdorini xarakterlamaydi. Shunday qilib, harakat yo‘qolmaydi, balki materiya harakatining boshqa formalariga o‘tadi.

Demak, harakat shakllarining umumiy o‘lchovi sifatida yangi fizik kattalik bo‘lishi kerak. Bunday fizik kattalik energiyadir. *Energiya xar qanday ko‘rinishdagi materiya harakatining universal miqdoriy o‘lchovidir*. Jismlar sistemasining mexanik harakati holatini aniqlash uchun ularning o‘zaro joylashishini va tezligini bilish etarli bo‘ladi, gaz holatini xarakterlash uchun uni xajmi, temperaturasi va bosimini bilish zarur. *Energiya-sistema holatining funktsiyasidir.*

Jismlar o‘rtasidagi mexanik harakatning almashinuvi yoki mexanik harakatni boshqa harakat formalariga o‘tishi jismlarning o‘zaro ta’siri natijasida amalga oshiriladi. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, bunday jarayonlarda o‘tilayotgan harakatning kattaligi, kuchning ko‘chish kattaligiga ko‘paytmasiga teng ekan. Bu hosil bulgan fizik kattalik ish deyiladi. Demak, *ish bir jismdan boshqa jismga harakatni uzatish o‘lchovidir yoki energiyaning bir jismdan boshqa jismga o‘tish o‘lchovidir*.



6.1-rasm

Agar moddiy nuqta o‘zgarmas kuch F (6.1-rasm) ta’sirida s masofaga ko‘chsa, unda kuchning ishi:

$$A = F_\tau \cdot S . \qquad (6.1)$$

Bunda F_τ kuch F kuchning ko‘chish yo‘nalishiga proeksiyasi bo‘lib,

$$F_\tau = F \cdot \cos \alpha . \qquad (6.2)$$

6.1–rasmda α - jismning harakat yo‘nalishi bilan F kuch orasidagi burchak. (6.2) ni hisobga olib, (6.1) ni quyidagicha yozamiz:

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha . \qquad (6.3)$$

1) Agar kuch yo‘nalishi bilan ko‘chish yo‘nalishi orasidagi burchak $\alpha<90^o$ bo‘lsa, unda $\cos\alpha>0$. Demak, kuch musbat ish bajaradi (A> 0).

2) Agar $\alpha > 90^o$ bo‘lsa, unda $\cos\alpha < 0$. Bunda kuch manfiy ish bajaradi (A < 0). Masalan, ishqalanish kuchi va tormozlash kuchi;

3) Agar kuch yo‘nalishi ko‘chishga tik yo‘nalgan bo‘lsa, $\alpha = 90^o$, unda $\cos\alpha = 0$, demak, kuchning bajargan ishi nolga teng, ya’ni energiya o‘zgarmaydi. Agar ma’lum bir masofada kuch kattaligi o‘zgaruvchan bo‘lsa, unda bajarilgan ishni hisoblash uchun

masofani elementar ko‘chishlarga bo‘lib chiqamiz, bu elementar ko‘chishlarda, kuchni o‘zgarmas kattalik deb hisoblasa bo‘ladi (6.2-rasm). Xar bir elementar ko‘chishda bajarilgan elementar ishni hisoblab, keyin bu elementar ishlarni algebraik yig‘indisini olsak, unda o‘zgaruvchi F kuchning S masofada bajargan ishi quyidagicha ifodalanadi:

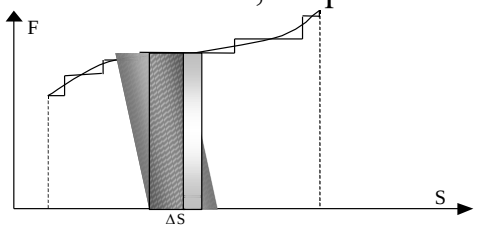
$$A = \sum_{i=1}^{n} \Delta A_i = \sum_{i=1}^{n} F_i \Delta S_i \cos\alpha_i \ . \qquad (6.4)$$

ΔS nolga intilganda (6.4) dan limit olsak,

$$A = \lim_{\Delta S \to 0} (\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{S}_i) = \int_S F_\tau dS \ . \qquad (6.5)$$

(6.5) integralni hisoblash uchun F_τ kuchning S masofaga bog‘liqligini bilish zarur.

Amalda, faqat kuchning bajargan ishini bilishgina emas, balki qanday vaqt oraligida shu ish bajarilishi ham muxim axamiyatga ega. Shuning uchun kuchning qanday tezlik bilan bajargan ishini xarakterlash uchun quvvat tushunchasi kiritiladi. *Vaqt birligi ichida, F kuch bajargan ishga son jixatdan teng bo‘lgan fizik kattalik quvvat (N) deyiladi:*



6.2-rasm

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} \qquad (6.6)$$

Agar kuch o‘zgaruvchan bo‘lsa, qurilmaning quvvatini aniqlash uchun (6.6) dan limit olamiz:

$$N = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}, \qquad (6.7)$$

bunga oniy quvvat deyiladi. (6.3) ni e’tiborga olsak, (6.7) quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$N = F_\tau \frac{ds}{dt} = F_\tau v, \qquad (6.7')$$

Demak, oniy quvvat son jihatdan tezlik o‘zgarmas bo‘lganda kuchning tangentsial tashkil etuvchisining tezlikka ko‘paytmasiga teng bo‘ladi.

Ish va quvvat birligini belgilaylik. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da ish birligi qilib, *kuch yo‘nalishida jismni bir metr masofaga bir Nyuton kuch ta’sirida ko‘chirishda bajarilgan ish qabul qilingan.* Bu ishning birligi –joul (J), 1J = 1N ·m. Quvvat birligi qilib Vatt (Vt) qabul qilingan. 1Vatt – bir sekund davomida bir joul ish bajaradigan qurilma yoki mexanizmning quvvatidir, 1Vt = 1J/1s.

Jismning kinetik energiyasi: jismlarning harakati tufayli hosil bo‘lgan energiya kinetik energiya deyiladi. Biror m massali jism o‘zgarmas F kuch ta’sirida o‘zining harakat tezligini υ_1 dan υ_2 qiymatgacha o‘zgartirsin. U vaqtda m massali jismning harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$F = m\frac{d\vartheta}{dt} \ . \qquad (6.8)$$

(6.8) tenglamaning ikkala tomonini υdt=ds ga skalyar kupaytiramiz:

$$FdS = m\frac{d\vartheta}{dt}\vartheta dt = m\vartheta d\vartheta \ . \qquad (6.9)$$

Ma'lum bir S_1, S_2 masofada jismning bajargan ishini hisobga olish uchun (6.9) ning chap va ung tomonlarini S_1 va S_2 masofalar hamda υ_1 va υ_2 tezlik intervali orasida integrallaymiz:'

$$\int_{s_1}^{s_2} dA = \int_{s_1}^{s_2} FdS = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} m\vartheta d\vartheta \qquad (6.10)$$

(6.10) tenglikning chap tomoni F kuch bajargan to'la ishga teng, m = const bo'lsa, o'ng tomoni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$A = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - \frac{m\vartheta_1^2}{2} \qquad (6.11)$$

(6.11) tenglikdagi $\frac{m\vartheta^2}{2} = E$ jismning kinetik energiyasining ifodasidir. Bu holda (6.11) quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$A = \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - \frac{m\vartheta_1^2}{2} \qquad (6.12)$$

Demak, *jismning kinetik energiyasining o'zgarishi jismga ta'sir etuvchi kuchning bajargan ishiga son jixatdan teng.* Agar $\upsilon_1 = 0$ bo'lsa,

$$E = \frac{m\vartheta^2}{2} \qquad (6.13)$$

Shunday qilib, m massali jism υ tezlik bilan harakatlanganda, *E* kinetik energiyaga ega bo'ladi. (6.13) formula xususiy holda, moddiy nuqta kinetik energiyasi deb yuritiladi. Xar qanday mexanik sistemani moddiy nuqtalar sistemasi deb qarashimiz mumkin bo'lgani uchun mexanik sistemaning kinetik energiyasi shu sistemani tashkil qilgan moddiy nuqtalar kinetik energiyalarini yig'indisiga teng, ya'ni:

$$E = \sum E_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i \vartheta_i^2}{2}, \qquad (6.14)$$

bunda m_i va υ_i -moddiy nuqtaning massasi va tezligi. Demak, xar qanday mexanik sistemaning kinetik energiyasi shu sistemaga kirgan moddiy nuqtalarning massasi va harakat tezligi bilan aniqlanar ekan.

Bu muxim xulosani qisqacha qilib quyidagicha ta'riflash mumkin: *sistemaning kinetik energiyasi - uning harakat holati funktsiyasidir.*

Bir vaqtda ham aylanma, ham ilgarilanma harakatda bo'lgan qattiq jismning kinetik energiyasi uning aylanma va ilgarilanma harakatiga mos keluvchi kinetik energiyalar yig'indisiga teng bo'ladi.

Aylanma harakatda bulgan qattiq jism kinetik energiyasini qarab chiqaylik. Jismni absolyut qattiq jism deb va uni moddiy nuqta deb qarash mumkin bo'lgan n ta bo'lakchaga bo'laylik. Agar i-bo'lakning massasi m_i, chiziqli tezligi ϑ_i, harakat qilayotgan aylana radiusi r_i, aylanma harakat burchak tezligi ω bulsa, bu bo'lakning kinetik energiyasi

$$E_i = \frac{m_i \vartheta_i^2}{2} \qquad (6.15)$$

bo'ladi. $\vartheta_i = \omega r_i$ ekanini hisobga olsak:

$$E_i = \frac{m_i \omega^2 r_i^2}{2}. \qquad (6.16)$$

Jismning kinetik energiyasi uning bo‘laklarining kinetik energiyalari yig‘indisiga teng:

$$E = \sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} \omega^2 \frac{m_i r_i^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 \ ,$$

bunda $\sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 = I$ bo‘lganidan:

$$E = \frac{I\omega^2}{2} \tag{6.17}$$

Bu formulani ilgarilanma harakat kinetik energiyasi (6.13) bilan taqqoslasak, jism massasi o‘rnida jismning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti, chiziqli tezlik o‘rnida burchak tezlik turganini ko‘ramiz.

Jismga kuch ta’sir qilib, uni qandaydir o‘q atrofida aylanma harakatga keltirganda uning bo‘lakchalari siljiydi. Demak, ish bajariladi. Bu ish aylanayotgan jism kinetik energiyasi o‘zgarishiga teng bo‘ladi. SHu ishni hisoblaylik.

Jism OO_1 qo‘zgalmas o‘q atrofida aylanma harakat qilayotgan bo‘lsin. Natijaviy F kuch jismning B nuqtasiga qo‘yilgan bo‘lib, bu nuqta aylanish o‘qidan r uzoqlikda bulsin (6.3-rasm). Jism F kuch ta’sirida Δφ burchakka burilganda, B nuqta V nuqtaga siljib Δ S yoyni chizadi. Unda bajarilgan elementar ish:

$$\Delta A = F\,\Delta S \tag{6.18}$$

buladi, ΔS = r Δφ bo‘lgani uchun ΔA = Fr Δφ bo‘ladi. Fr = M kuch momenti bo‘lganligidan:

$$\Delta A = M \cdot \Delta\varphi$$

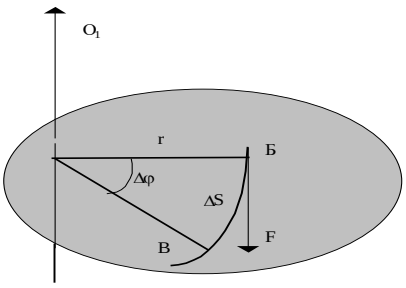
Tula ish esa bu ifodani integrallash orqali aniqlanadi:

$$A = \int_0^{\varphi} M d\varphi \ . \tag{6.19}$$

Agar jismning aylanma harakati davomida kuch momenti o‘zgarmas (M = const) bo‘lsa, (6.19) dan umumiy bajarilgan ish

$$A = M\varphi \tag{6.20}$$

bo‘ladi. Demak, aylanma harakatda bajarilgan ish kuch momenti bilan burilish burchagi kupaytmasi orqali aniqlanar ekan.



6.3-rasm

Aylana bo‘ylab o‘zgaruvchan harakat uchun (6.20) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$dA = Md\varphi = I\frac{d\omega}{dt}\omega dt = I\omega d\omega \ .$$

Burilish burchagi φ_1 dan φ_2 gacha o‘zgarganda burchak tezlik ω_1 dan ω_2 gacha o‘zgargan bo‘lsa, umumiy ishni hisoblash uchun shu chegaralarda yuqoridagi ifodani integrallaymiz:

$$dA = \int_{\varphi} dA = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} Md\varphi = \int_{\omega_1}^{\omega_2} I\omega d\omega \tag{6.21}$$

yoki

$$A = M(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2} \ . \tag{6.22}$$

(6.22) dan ko‘rinadiki, aylanma harakatda jism kinetik energiyasining o‘zgarishi qo‘yilgan natijaviy kuch momentiga bog‘liqdir.

Jism bir vaqtda ham aylanma, ham ilgarilanma harakatda ishtirok etayotgan bo‘lsin, bunday harakat uchun to‘la kinetik energiya:

$$E = E_{илг} + E_{айл} = \frac{m\vartheta_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}, \qquad (6.23)$$

bu erda m - jismning massasi, I - jismning massa markazidan o‘tgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti, ω - shu o‘qqa nisbatan aylanma harakatning burchak tezligi, ϑ_s - massa markazining chiziqli tezligi.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Energiya deganda qanday kattalikni tushunasiz?
2. Kinetik va potensial energiya deb nimaga aytiladi?
3. Mexanik ish va quvvat deb nimaga aytiladi?
4. Aylanma harakat qilayotgan jismning bajargan ishi va kinetik energiyasi formulalarini ayting.
5. Deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi deb nimaga aytiladi?
6. Elastik kuch bilan potensial energiya qanday bog‘langan?

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.

8-ma’ruza. Yerning tortishish maydonida jismning potentsial energiyasi. Energiyani saqlanish qonuni.

1. Potensial energiya. Potensial energiya bilan kuch orasidagi bog‘lanish

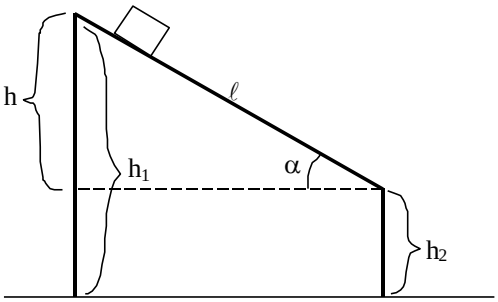
2. Energiyani saqlanish qonuni.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Ish, mexanik ish, musbat va manfiy ish, quvvat, o‘lchov birliklari, energiya, kinetik energiya, tizimning holat funktsiyasi, deformatsialangan jismning potensial energiyasi, konservativ, nokonservativ va dissipativ kuchlar, fazo va vaqtning simmetriyaligi.

Jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan joylashuviga bog‘liq bo‘lgan energiya potensial energiya deb ataladi.

Sistemaning potensial energiyasini aniqlash uchun sistemadagi jismlarning o‘zaro joylashuvini va ular orasidagi ta’sir kuchlarni bilishimiz kerak.

Misol tariqasida, jismga ta’sir etuvchi og‘irlik kuchi tufayli jismning potensial energiyasini o‘zgarishini ko‘rib chiqaylik. Jismning Er sirtidan ko‘tarilish balandligi h, Erning radiusiga nisbatan ancha kichik bo‘lsa, R = mg = const deb hisoblash mumkin, m - jismning massasi.



6.4, *a*-rasm

Agar jism ℓ uzunlikdagi qiya tekislik bo‘yicha ishqalanishsiz tushaetgan bulsa (6.4(a)–rasm), og‘irlik kuchi bajargan ish quyidagi kattalikka teng bo‘ladi:

$$A = R\,\ell\cos\alpha = mg\,(h_1 - h_2) = U_1 - U_2 \qquad (6.24)$$

bu erda

$$h = h_1 - h_2 = \ell\cos\alpha \qquad (6.25)$$

qiya tekislikning balandligi, α -qiya tekislikning gorizontga nisbatan qiyalik burchagi, U = m g h jismning potensial energiyasi, (6.24) dan ko‘rinadiki, *sistema potensial energiyasining o‘zgarishi son jixatdan, tashqi kuchlar sistemaning tezligini o‘zgartirmasdan bir holatdan ikkinchi holatga o‘tkazishda bajargan ishiga teng bo‘lar ekan.*

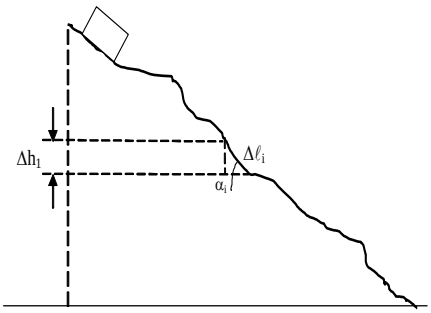
1. Potensial maydonda bajarilgan ish. Konservativ va dissipativ kuchlar.

Endi jism harakat traektoriyasi ixteriy egri chiziqdan iborat bo‘lsin (6.4(b)-rasm). Unda bu egri chiziqni n ta kichik tug‘ri chiziqli qismlarga bo‘lamiz. Mana shu xar bir elementar qismda og‘irlik kuchining elementar bajargan ishi

$$\Delta A_i = r\cdot\Delta\ell_i\cdot\cos\alpha_I = r\cdot\Delta h_i \qquad (6.26)$$

bo‘ladi. Bu erda Δh_i - vertikal tug‘ri chiziq $\Delta\ell_i$ -qismning proeksiyasi. Elementar qismlarda bajarilgan ishlarning yig‘indisi, egri chiziqli yo‘lda og‘irlik kuchi bajargan ishni ifodalaydi:

$$A = \sum_{i=1}^{n}\Delta A_i = \sum_{i=1}^{n} P\Delta h_i = Ph = mgh \qquad (6.27)$$

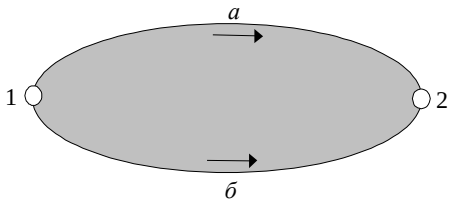


6.4, *б*-rasm

Shunday qilib, og‘irlik kuchining ishi yo‘lning boshlang‘ich va oxirgi nuqtalarining koordinatalariga bog‘lik xolos. Potensial (konservativ) va dissipativ (nokonservativ) kuchlar: makroskopik mexanikada uchraydigan kuchlar ikkita potensial (konservativ) va dissipativ (nokontservativ) kuchlarga ajratiladi.

Agar berk yo‘l (kontur) bo‘yicha kuchning bajargan ishi nolga teng bo‘lsa, bu kuchlar potensial (yoki konservativ) kuchlar deb yuritiladi.

Faraz qilaylik, sistema biror kuch ta’sirida 1a 2 yo‘l bo‘yicha (6.5 -rasm) bir vaziyatdan ikkinchi vaziyatga o‘tsin. Bunda A_{1a2} ga teng ish bajariladi. Agar sistema ikkinchi vaziyatga 1b2 yo‘l bo‘yicha o‘tsa, unda bajarilgan ish A_{1b2} ga teng bo‘ladi.



6.5-rasm

Konservativ kuchlarning ta’rifiga binoan $A_{1a2} = A_{1b2}$. Kuchlar sistemaning konfiguratsiyasiga (koordinatlariga) bog‘lik bo‘lmaganligi uchun $A_{1b2} = -A_{2b1}$ bo‘ladi. Shuning uchun, $A_{1a2} + A_{2b1} = 0$.

Demak, *shu kuch ta'sirida sistema yoki jismni bir holatdan ikkinchi bir holatga ko'chirishda bajarilgan ish* $A_{1a2} = A_{1b2} = A_{12}$ *ko'chish trektoriyasining shakliga bog'lik bo'lmaydi, bu kuchni konservativ (yoki markaziy) kuch deb yuritiladi.*

Konservativ kuchlarga og'irlik kuchlari, elastiklik kuchlari va zaryadlangan zarralarning o'zaro elektrostatik ta'sir kuchlari ham misol bo'la oladi.

Konservativ bo'lmagan hamma kuchlar nokonservativ (yoki dissipativ) kuchlar deb yuritiladi.

Dissipativ kuchlarga, ishqalanish kuchlari va suyuqlikda yoki gazda harakatlanaetgan jismga ta'sir qilaetgan qarshilik kuchlari kiradi.

Elastik kuch bilan potensial energiya orasidagi bog'lanish. Elastik kuch ta'sirida, jism deformatsiyasining kichik (dx kattalikka) o'zgarishlarida, bajarilgan elementar ish quyidagiga teng bo'ladi.

$$dA = Fdx = -kxdx \qquad (6.28)$$

Ishning to'la qiymatini aniqlash uchun (6.28) formulani deformatsiyalanmagan holatdan (x_o= 0) deformatsiya kattaligi x qiymatlari chegarasida integrallaymiz:

$$A = -\int_{x_0}^{x} kxdx = -\frac{kx^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} \quad . \qquad (6.29)$$

Bu kattalikka asosan prujinaning potensial energiyasi o'zgaradi:

$$U_n = \frac{kx^2}{2} - U_0 \ , \qquad (6.30)$$

bunda $U_0 = \frac{kx_0^2}{2}$ – deformatsiyalanmagan jismning potensial energiyasi, uni nolga teng deb olsak, (6.30) quyidagicha yoziladi:

$$U_{\Pi} = \frac{kx^2}{2} \quad . \qquad (6.31)$$

Shunday qilib, (6.29) dan ko'rinadiki, *elastik jism deformatsiyalansa, unda ish deformatsiyalangan jism energiyasining o'zgarishiga sarf bo'ladi. (6.31) ifodaga deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi deyiladi.*

Potensial maydonning xar bir nuktasiga bir tomondan jismga ta'sir etuvchi f kuch vektorining biror qiymati mos kelsa, ikkinchi tomondan, jism U potensial energiyasining ham qiymati mos keladi.

Demak, kuch bilan potensial energiya orasida ma'lum bog'lanish mavjud bo'lishi kerak. Ma'lumki, ish potensial energiya hisobiga bajariladi, ya'ni:

$$\Delta A = -\Delta U \qquad (6.32)$$

– ΔU – sistema potensial energiyasining kamayishini ko'rsatadi.

(6.18) bilan (6.32) ni solishtirib quyidagini topamiz:

$$F_s \Delta S = -\Delta U \ ,$$

bundan

$$F_s = -\frac{\Delta U}{\Delta S} \quad . \qquad (6.33)$$

(6.33) ifodada F_s – bu F kuchning s ko'chish bo'yicha proeksiyasi. F_s ning berilgan nuqtadagi qiymatini topish uchun limitga o'tish kerak:

$$F_s = -\lim_{\Delta s \to 0} \frac{\Delta U}{\Delta S} \qquad (6.34)$$

U, s o‘q bo‘ylab ko‘chirilgandagina emas, hatto boshqa yo‘nalishlar bo‘ylab ko‘chganda ham o‘zgarganligi uchun (6.34) formuladagi limit U dan s bo‘yicha xususiy hosiladan iborot bo‘ladi, ya’ni:

$$F_s = -\frac{\partial U}{\partial S} \qquad (6.35)$$

(6.35) munosabat fazodagi ixtyoriy yo‘nalish uchun, xususan, x, y, z dekart koordinata o‘qlari bo‘yicha yo‘nalishlar uchun ham o‘rinlidir; ya’ni:

$$\vec{F} = -\left(\frac{\partial U}{\partial X}\vec{i} + \frac{\partial U}{\partial Y}\vec{j} + \frac{\partial U}{\partial Z}\vec{k}\right) \qquad (6.36)$$

Demak, kuch potensial energiyaning teskari ishora bilan olingan gradientiga teng ekan

F = – gradU. (6.37)

2.Jismlar harakati energiyasining bir butunligi. Energiya saqlanish qonunining umumfizikaviy ma’nosi.

Jismlar harakati energiyasining bir butunligi. Umumiy holda jism bir vaqtda ham kinetik energiyaga, ham potensial energiyaga ega bo‘lishi mumkin. Bu energiyalarning yig‘indisi to‘la mexanik energiyani tashkil qiladi. Masalan, Er sirtidan h balandlikda Erga nisbatan ϑ tezlik bilan harkatlanayotgan M jism

$$W = \frac{m\vartheta^2}{2} + mgh \qquad (7.3)$$

to‘la energiyaga ega bo‘ladi.

Potensial va kinetik energiyalar bir-birlariga aylanishi mumkin. M jismning tushish oxiridagi tezligi $\vartheta = \sqrt{2gh}$ ga tengligi uchun uning kinetik energiyasi

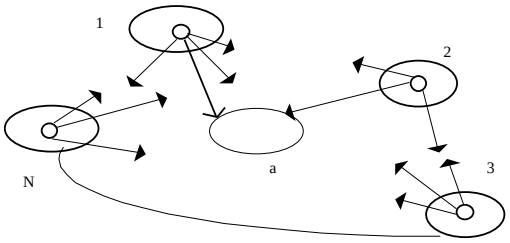
$$E = \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{m(\sqrt{2gh})^2}{2} = mgh \qquad (7.4)$$

potensial energiyaga tenglashadi.

Shunday qilib, potensial energiya ekvivalent miqdordagi kinetik energiyaga aylanadi.

Agar sistema N ta jismdan tashkil topgan bo‘lsa, to‘la mexanik energiya butun sistemaning potengtsial energiyasi bilan kinetik energiyasining yig‘indisidan tashkil topadi:

$$W = U + E = U + \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i \vartheta_i^2}{2} \qquad (7.5)$$



7.1-rasm

Energiyaning saqlanish qonuni.

Energiyaning saqlanish qonuni tajribalardan olingan natijalarni umumlashtirish yo‘li bilan chiqarilgan.

Aytaylik, yopiq tizim ichidagi moddiy nuqta massalari m_1, m_2, ..., m_n tezliklari ϑ_1, ϑ_2, ..., ϑ_n bo‘lsin. Jismlarga ta’sir etuvchi konservativ kuchlar F'_1, F'_2, ..., F'_n va teng, ta’sir etuvchi tashqi kuchlar F_1, F_2, ..., F_n bo‘lsin. $\vartheta << c$ bo‘lgan holda moddiy nuqta massalari doimiy bo‘ladi. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko‘ra

$$m_1 \frac{d\vartheta_1}{dt} = F_2' + F_1.$$
$$m_2 \frac{d\vartheta_2}{dt} = F_2' + F_2, \qquad (7.6)$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$
$$m_n \frac{d\vartheta_n}{dt} = F_n' + F_n.$$

Tizimning moddiy nuqtalari dt vaqt oralig‘ida dx_1, dx_2, ,..., dx_n masofalarga siljisin. 7.6 - tenglamalar tizimini xar ikki tomonini dx_1, dx_2, ...,dx_n ga ko‘paytirib va $dx_1 = \vartheta_1 \cdot dt$ ekanligini hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$m_1 (\vartheta_1 \cdot d\vartheta_1) - (F'_1 + F_1)\, dx_1 = 0$$
$$m_2 (\vartheta_2 \cdot d\vartheta_2) - (F'_2 + F_2)\, dx_2 = 0$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$m_n (\vartheta_n \cdot d\vartheta_n) - (F'_n + F_n)\, dx_n = 0$$

Bu tenglamalar tizimini qo‘shib va tizim yopiqligini hisobga olib, ya’ni

$$F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$$
$$\sum_{i=0}^{n} m_i \vartheta_i d\vartheta_i - \sum_{i=0}^{n} F_1' \cdot dx_1 = 0 \qquad (7.7)$$

ni hosil qilamiz.

(7.7) – tenglikdagi ikki ayriluvchilardan birinchisi

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \vartheta_i d\vartheta_i = \sum_{i=1}^{n} d\left(\frac{m_i \vartheta_i^2}{2}\right) = dE_k \qquad (7.8)$$

ya’ni yopiq tizim kinetik energiyasi o‘zgarishini belgilaydi, va ikkinchisi esa

$$\sum_{i=1}^{n} F_i \cdot dx_i = dE_P \qquad (7.9)$$

tenglik tizim ichki konservativ kuchlari bajargan ish - potensial energiyaning o‘zgarishini ifodalaydi. Demak, butun tizim uchun $dE_k + dE_r = 0$ bo‘lishi kerak. Yopiq tizimning to‘liq mexanik energiyasi esa o‘zgarmas kattalikka teng bo‘ladi.

$$W = E_k + E_r = \text{const} \qquad (7.10)$$

Ushbu tenglik yopiq tizim uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Bu tenglikka ko‘ra *yopiq tizimdagi jismlarning o‘zaro ta’sir kuchlari konservativ kuchlardan iborat bo‘lsa, tizimning mexanik energiyasi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi. YOpiq tizimdagi jismlarning o‘zaro ta’siri konservativ kuchlardan iborat bo‘lsa, tizimning mexanik energiyasi boshqa turdagi energiyaga aylanmaydi. Bunday tizimga yopiq konservativ tizim deyiladi. Dissipativ tizimda tizimning mexanik energiyasi asta - sekin kamayib boshqa turdagi energiyaga aylanadi.* Tabiatda hamma tizim dissipativ bo‘ladi.

Shunday qilib, energiya yo‘qolmaydi va yangidan paydo bo‘lmaydi, u faqat bir turdan ikkinchi turga o‘tib turadi. Bu qonuniyat materiyaning doimo harakatda ekanligini va hech qachon yo‘qolmasligini ifodalaydi.

Oralarida fakat konservativ kuchlar ta’sir ko‘rsataetgan N jismdan tashkil topgan sistemani qarab chiqaylik (7.6-rasm). Faraz qilaylik, 1 jism ixtieriy traektoriya bo‘ylab a holatga ko‘chsin. Bunda 1 jismga sistemaning boshqa jismlari tomonidan ta’sir etuvchi

kuchlar 1 jismning ko‘chish yo‘liga bog‘lik bo‘lmagan va faqat jismning qolgan barcha jismlarga nisbatan boshlang‘ich va so‘nggi holatlariga bog‘lik bo‘lgan ishni bajaradi. Xuddi shunga o‘xshash barcha N jismlar yangi holatlarga ko‘chgan vaqtda sistemada ta’sir ko‘rsatuvchi konservativ kuchlar bajargan ish faqat jismlarning bir-birlariga nisbatan boshlang‘ich va so‘nggi holatlariga bog‘lik bo‘ladi. Demak, jismlarning xar bir o‘zaro vaziyatiga (xar bir holatga) U potensial energiyaning ma’lum qiymatini ko‘rsatish va bir holatdan boshqa holatga o‘tgan vaqtda konservativ kuchlar bajargan ishini U ning shu holatlarga mos kiymatlarining ayirmasi sifatida qarash mumkin.

$$A_{12} = U_1 - U_2 . \qquad (7.11)$$

Sistemaning jismlariga ichki konservativ kuchlardan tashqari, tashqi kuchlar ham ta’sir ko‘rsatadi deb faraz qilaylik. i - jismga qo‘yilgan barcha kuchlar bajargan ishni ichki kuchlar bajargan (A_{12}) ish va berilgan jismga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar A_i' ishining yig‘indisi sifatida tasavvur qilish mumkin. Biz bilamizki, to‘la ish jism kinetik energiyasini ortishiga sarf bo‘ladi. Demak,

$$(A_{12})_i + A_i' = (E_2)_i - (E_1)_i . \qquad (7.12)$$

(7.12) ifodaning butun jismlar bo‘yicha yig‘indisini olsak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\sum (A_{12})_i + \sum A'_i = \sum (E_2)_i - \sum (E_1)_i \qquad (7.13)$$

(7.13) ifodadagi yig‘indilarning birinchisi sistema boshlang‘ich (birinchi) holatidan sunggi (ikkinchi) holatiga o‘tgan vaqtida konservativ kuchlarning jismlar ustida bajargan ishidan iborat. (7.11) ga binoan bu ish potensial energiyaning jarayon boshidagi va oxiridagi qiymatlari ayirmasi ko‘rinishida yozilishi mumkin:

$$\sum (A_{12})_i = U_1 - U_2 .$$

(7.13) ifodaning chap tomonidagi ikkinchi yig‘indi tashqi kuchlar tomonidan sistema jismlari ustida bajarilgan to‘la ishdan iborat. Uni A’ bilan belgilaymiz.

(7.43) ning o‘ng tomoni $E_2 - E_1$ ga, ya’ni sistema to‘liq kinetik energiyasining jarayon boshidagi va oxiridagi qiymatlari ayirmasiga teng ekanligi ravshan.

Shunday qilib, (7.13) formulani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin ekan:

$$U_1 - U_2 + A' = E_2 - E_1$$

Formuladagi hadlarni tegishli ravishda gruppalab quyidagini topamiz:

$$(E_2 + U_2) - (E_1 + U_1) = A'$$

Nihoyat, sistema to‘la energiyasi W = E + U belgisini kiritsak, quyidagi munosabatni topamiz:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = A'. \qquad (7.14)$$

Shunday qilib, oralarida konservativ kuchlar ta’sir etayotgan jismlar sistemasi to‘la energiyasining orttirmasi sistema jismlariga qo‘yilgan tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng ekan.

Agar sistema yopik bo‘lsa, u vaqtda (7.14) ga binoan $\Delta W = 0$, bundan:

$$W = const \qquad (7.15)$$

degan xulosa chiqadi.

(7.15) formula mexanikaning asosiy qonunlaridan biri-energiyaning saqlanish qonuni aks ettiradi.

Mexanikada bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: *oralarida faqat konservativ kuchlar ta'sir etayotgan jismlar yopik sistemasining to'la mexanik energiyasi o'zgarmaydi.*

Agar yopik sistemaga konservativ kuchlardan tashqari nokonservativ kuchlar, masalan, ishqalanish kuchlari, ta'sir ko'rsataetgan bo'lsa, u vaktda sistemaning to'la mexanik energiyasi saqlanmaydi. Nokonservativ kuchlarini tashqi kuchlar deb qarab quyidagini yozish mumkin:

$$W_2 - W_1 = A_{nk} \qquad (7.16)$$

bu erda A_{nk} - nokonservativ kuchlar bajargan ish. Shuning uchun yopik sistemada ishqalanish kuchlari bo'lsa, vaqt o'tishi bilan to'la mexanik energiya kamaya boradi. Nokonservativ kuchlarining ta'sirida mexanik energiya boshqa nomexanik turdagi energiyalarga aylanadi. Bunday hollarda umumiyroq bo'lgan saqlanish qonuni bajariladi. *Istalgan tashqi ta'sirlardan himoyalangan sistemada energiyaning barcha turlarining (nomexanik turlarning ham) yig'indisi o'zgarmaydi.*

Mustahkamlash uchun savollar

1. Energiya deganda qanday kattalikni tushunasiz?
2. Potensial energiya bilan kuch orasida qanday bog'lanish bor?
3. Potensial energiya bilan og'irlik kuchi orasida-chi?
4. Konservativ va nokonservativ kuchlarni tushuntiring.
5. Dissipativ kuchlar bajargan ishini tushuntiring.

Asosiy adabiyotlar:

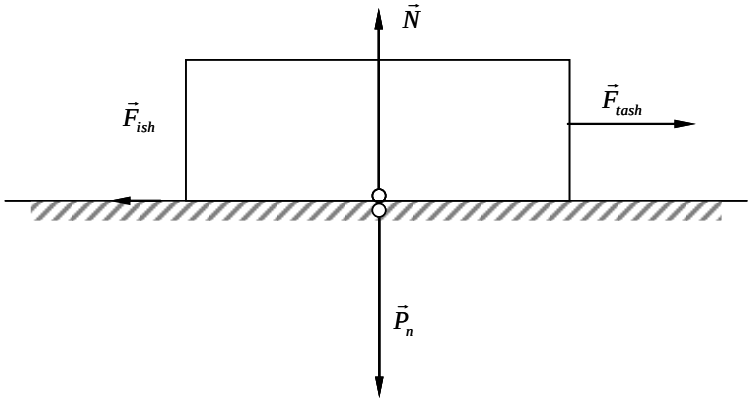
1.Jearl Walker. Fundamental of Fhysics 2007, GERN. 1543p (154p)
2.Strelkov S.P. Mexanika-Toshkent, o'qituvchi, 1977.
3.Sivuxin D.P. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Mexanika. Toshkent, o'qituvchi,1981 y.
4.Tursunmetov K.A., Daliev X. S. Mexanika. T. Universitet – 2000
5.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar 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.

9-ma'ruza. Ishqalanish. Ishqalanish kuchlari. Dumalanish va sirpanish ishqalanish.

Reja:
1. Ishqalanish kuchlari
2. Quruq ishqalanish.

Tayanch so'z va iboralar. Ishqalanish kuchlari, tashqi ishqslsnish, ichki ishqalanish, suyuq ishqalanish, quruq ishqalanish.

Ishqalanish kuchlari. Mexanikaga oid masalalarni xal etishda tortishish kuchlari va elastiklik kuchlari bilan bir qatorda ishqalanish kuchlari bilan ham ish ko'rishga to'g'ri keladi. Bir-biriga tegib turgan jismlar yoki bir jismning o'zaro tegib turgan bo'laklari bir biriga nisbatan ko'chganda hosil bo'ladigan kuchlar ishkalanish kuchlari deb ataladi.



3.3 – rasm

Ishqalanishlarni ikki toifaga bo'lish mumkin: tashqi ishqalanishlar va ichki ishqalanishlar. Sirtlari o'zaro tegib turuvchi qattiq jismlarniig bir-birlariga nisbatan bo'lgan harakatga tashqi ishqalanish deb ataladi. Tashqi ishqalaiishga misol qilib, biror qattiq jism sirtida ikkinchi qattiq jismning sirpanishda hosil bo'ladigan ishqalanishni keltirish mumkin. Berilgan jismning turli xil qismlarini bir-biriga nisbatan ko'chishlari tufayli vujudga keluvchi ishqalanish ichki ishiqalanish deb ataladi.

Ichki ishqalanishga misol qilib, quvur bo'ylab oqayotgan suyuqlik yoki gazning quvur sirtidan turli masofada bo'lgan qatlamlarining turli tezliklarda harakatlanishini keltirish mumkin.

Tashqi va ichki ishqalanishlarni yana quruk va suyuq (qovushqoq) ishqalanishlarga ajratish mumkin. Qattiq jismlarming quruk sirtlari orasida hosil bo'ladigan ishqalanish quruk ishqalanish deb ataladi. Suyuqlik yoki gazning turli qatlamlari orasida hosil bo'ladigan ishqalanish suyuq ishqalanish deb ataladi.

Quruq ishqalanish. Gorizontal xolatdagi yassi tekislikda yog'och taxtacha tinch turgan bo'lsin (3.3. -rasm). Taxtacha og'irlik kuchining yassi tekislik sirtiga o'tkazilgan normalga nisbatan olingan proeksiyasi P_n son jixatidan yassi tekislikning shu jismga kursatayotgan N reaksiya kuchiga teng, yo'nalishi qarama-qarshidir. Taxtachani yassi tekislik bo'ylab harakatga keltirish uchun unga gorizontal yo'nalgan F_m tashqi kuch bilan ta'sir qilish kerak. Lekin $\vec{F}_m$ ning qiymati berilgan xol uchun qandaydir aniq $\vec{F}_{m0}$ dan katta bo'lmaguncha taxtacha o'z joyida qo'zg'almay turaveradi. Demak, tashqi kuchning qiymati 0 dan $\vec{F}_{m0}$ gacha ortib borishida yassi-tekislik taxtachaga son jixatdan tashqi kuchga teng, lekin qarama-qarshi yunalgan qarshilik kuchi bilan ta'sir etadi

Tashqaridan qo'yilgan kuch tufayli hosil bo'layotgan qarshilik kuchi tinch xolatdagi ishqalanish kuchi deb ataladi.

Agar $\vec{F}_m$ ning qiymati $\vec{F}_{m0}$ dan kichik bo'lsa, taxtacha o'zining tinch-xolatini

saqlab qoladi. Ammo taxtachaga ta'sir etayotgan tashqi kuch, tinch xolatdagi ishqalanish kuchining maksimal qiymatidan katta bo'lsa, taxtacha harakatga keladi, ya'ni yassi tekislik bo'yicha sirpana boshlaydi.

Tashqi kuchning ta'siri to'xtatilgandan so'ng esa, taxtacha o'zining to'g'ri chiziqli tekis harakati xolatini saqlab qolmaydi, harakat sekinlanuvchan harakatdan iborat bo'ladi. Chunki taxtacha sirpanayotganligi tufayli ishqalanish kuchi vujudga kelib,u xamma vaqt harakat tezligining yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'ladi.

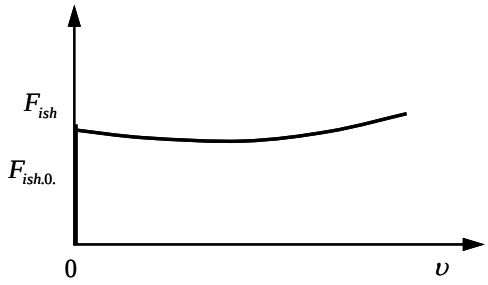
Tajribalar tinch xolatdagi $\vec{F}_{ish.0}$ ishqalanish kuchining maksimal qiymati tegib turgan sirtlarining kattaligiga emas, balki sirtlarning tabiatiga bog'liq ekanligini va og'irlik kuchining tekislikka tik yunalishda qo'yilgan P tashkil etuvchisiga to'g'ri proporsional ekanligini ko'rsatadi:

$$\vec{F}_{ish.0} = \mu_0 P_n \qquad (3.9)$$

bunda μ_0 - tinch xolatdagi ishqalanish koeffitsiyenti bo'lib, tegib turgan sirtlarning tabiatiga bog'lik. Shuningdek, jismning harakati (sirpanishi) tufayli vujudga kelgan ishqalanish kuchi ham quyidagi munosabat orqali aniqlanadi

$$\vec{F}_{ish} = \mu P_n \qquad (3.10)$$

bunda μ - sirpanishdagi ishqalanish koeffitsenti bo'lib, tegib turgan sirtlarning tabiatiga va bu sirtlarning bir-biriga nisbatan harakat tezligiga bog'liqdir.



3.4-rasm

3.4-rasmda sirpanishdagi ishqalanish kuchining nisbiy tezlikka bog'liklik grafigi keltirilgan. Ishkalanuvchi jismlar bir-biriga nisbatan tinch xolatda bo'lganda, ya'ni $\upsilon = 0$ da tinch xolatdagi ishqalanish kuchi, ta'sir qilayotgan tashki kuchning qiymatiga qarab 0 dan $\vec{F}_{uu.0}$ gacha qiymatlarning birortasiga teng bo'lishi mumkin. Tezlikning son qiymati ortib borishi bilan 3.4-rasmdagi grafik chizig'ida ifodalanganidek, ishqalanish koeffitsenti avvaliga bir oz kamayib, so'ngra orta borishini ko'rsatadi.

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.

10–ma’ruza. Noinersial sistemada jismning xarakati. Aylanma harkat qilayotgan sistemada jismga ta’sir etuvchi inersiya kuchlari. Kariolis tezlanishi va kuchi. Fuko mayatnigi. Ber qonuni.

Reja:

1. Inersial sanoq sistemasi va nisbiylikning mexanik prinsipi.

2. Galilley koordinata almashtirishlari. Almashtirishlarning invariantligi.

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

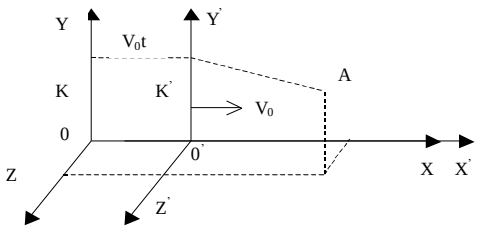
4. Lorens almashtirishlari va undan kelib chiqadigan natijalar: uzunlik va vaqt oraligining nisbiyligi.

5. Aylanuvchi sanoq tizimdagi inersiya kuchlari. Markazdan qochma va Koriolis inersiya kuchlari. . Fuko mayatnigi. Ber qonuni.

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

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.



9.1-rasm

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 ≠ 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:

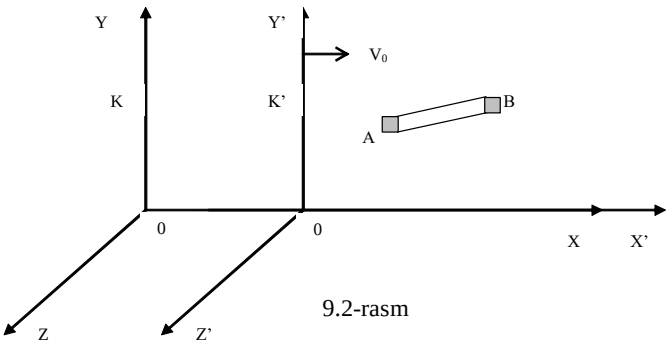
$$V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(x' + V_0 t) = V_x^1 + V_0$$
$$V_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(y') = V_y^1 \qquad (9.5)$$
$$V_z = \frac{dZ}{dt} = \frac{d}{dt}(z') = V_z^1$$

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 o‘z ko‘rinishlarini

o‘zgartirmasliklari lozim. Bunday o‘zgarishlarni Eynshteyn quyidagi ikki prinsip asosida keltirib chiqardi:

1. Nisbiylik prinsipi, *fizik qonunlar (mexanik, elektromagnitizm, optika.... qonunlari) barcha inersial sanoq sistemalarida o‘rinlidir*. 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. Yorug‘lik tezligining doimiylik prinsipi. *Yorug‘likning vakuumdagi tezligining qiymati barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil bo‘ladi.* U yorug‘likning tarqalish yo‘nalishiga hamda yorug‘lik chiqaruvchi jism va kuzatuvchining harakatiga bog‘liq emas. Bu prinsip klassik mexanikadagi tezliklarni qo‘shish qoidasiga mutloqa ziddir.

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

Haqiqatan, K sanoq sistemasiga nisbatan V_0 tezlik bilan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilib uzoqlashayotgan K′ sanoq sistemasidagi jism tomonidan tarqatilayotgan yorug‘lik tezligini c deb belgilasak, Galiley almashtirishlariga asosan, K sanoq sistemasidagi kuzatuvchi uchun yorug‘lik tezligi $c \pm V_0$ bo‘lishi lozim edi. Vaholanki, K sanoq sistemasida ham, K′ sanoq sistemasida ham, yorug‘lik tezligi bir xil bo‘lishi kerak. Nyuton nuqtai nazari asosida fikr yuritsak, $c + V_0$ nima uchun s ga teng bo‘lishi 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 to‘g‘ri chiziqli tekis harakatlanayotgan sanoq sistemalari (inersial sistemalar) uchun o‘rinli. Keyinchalik, Eynshteyn nisbiylik nazariyasini rivojlantirib, uni bir-biriga nisbatan tezlanuvchan harakat qiladigan sistemalarga qo‘llash yo‘llarini ahtaradi va “tortishish nazariyasi” deb atalgan umumiy nazariyani yaratdi. Bu nazariyani nisbiylik nazariyasining umumiy xoli deb, faqat inersial sistemalarga taalluqli bo‘lgan nazariyani esa nisbiylik nazariyasining xususiy holi deb hisoblanadi. Binobarin, “Nisbiylik nazariyasi” deganda shu xususiy holni tushunamiz Nisbiylik nazariyasining zaminida yotuvchi Lorens almashtirishlari quyidagi ko‘rinishda yoziladi.

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

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

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:

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

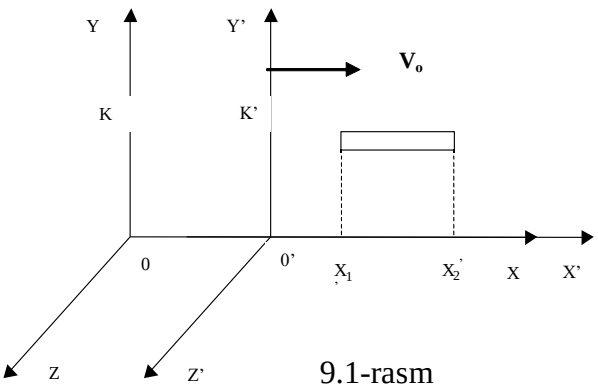
Bu ifodalardagi V_0 - bir inersial sanoq sistemasi (K) ga nisbatan OX o‘q “yo‘nalish”da to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan ikkinchi inersial sanoq sistemasining tezligi, s esa yorug‘likning vakuumda tarqalish tezligi.

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:

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

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:

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

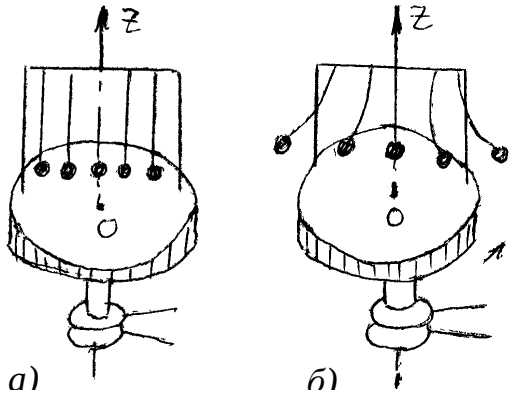
Demak, *nisbiylik nazariyasida aynan bir voqea turli inersial sanoq sistemalarida turlicha vaqt davom etadi. Bu effektni harakatlanuvchi sanoq sistemalarida vaqt o'tishining sekinlashishi deb ataladi.* Mazkur effektning mohiyati turli sanoq sistemalardagi soatlarning yurish tezliklari turlicha ekanligidan 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.

5.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.

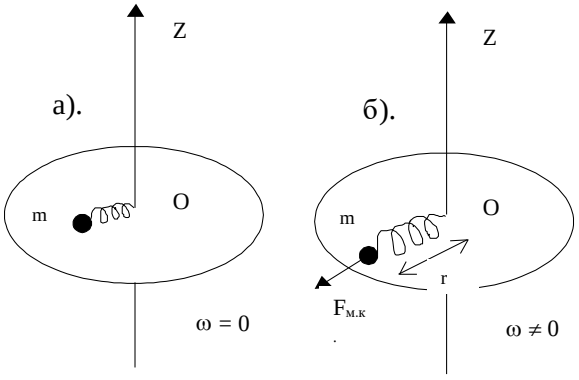
Disk tinch turganda sharlar osilgan barcha iplar vertikal ravishda yo‘nalgan. Agar disk ω burchak tezlik bilan aylantirilsa, sharlarga boshqa jismlar ta’sir etmasada, sharlar tezlanish olib og‘adilar. Demak, mazkur tizimni ham, noinersial sanoq tizimi deb hisoblash mumkin ekan.



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.*

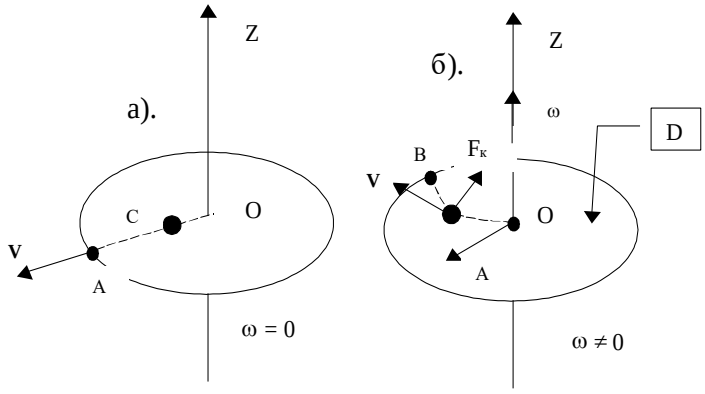


4.5-rasm

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:

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

yoki

$$F_k = 2mV\cdot\omega\cdot\sin\alpha. \qquad (4.7)$$

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:

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

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.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.

11-ma'ruza. Qattiq jismlarni ilgarilanma va aylanma harakati. Qo'zg'almas o`qqa ega bo`lgan jismning va jismlar sistemasini muvozanat shartlari.

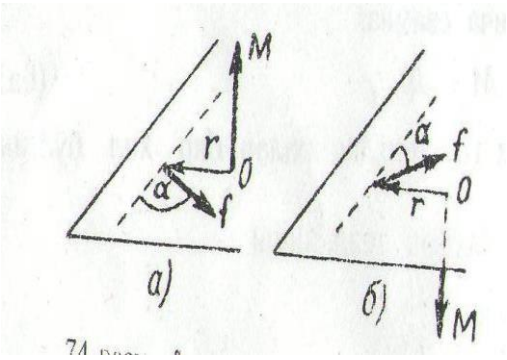
Reja:
1. Aylanish o'qiga ega bo'lmagan jism muvozanati.
2. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jism muvozanati.

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 momenti **M** vector orqali ifodalanadi.

74-a rasmda tasvirlangan holda **M** vector yuqoriga yo'nalgan, 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

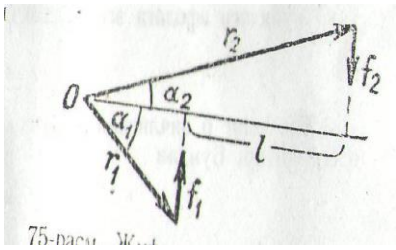
$$M=fr\sin\alpha(<r,f)$$

ekanini topamiz.

Demak, agar biz 13-paragrfda kiritilgan vector ko'paytma haqidagi tasavvurdan foydalansak, f kuchning momenti

$$M=rf \qquad (3a)$$

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.

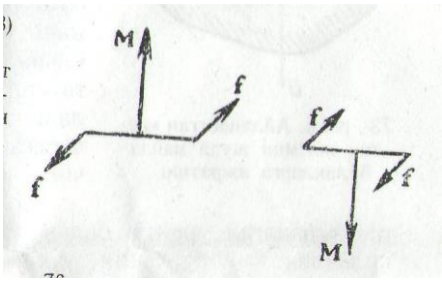


75-расм.

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. f_2 kuchning momenti son jihatdan $f_2r_2\cos\alpha_2$ ga teng bo'lib , rasm tekisligiga tik ravishda orqa tomonga yo'nakgan. Shunday qilib, $f_1r_1\cos\alpha_1$ 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 momenti M vektori orqali ifodalandi.
Parma qoidasi yordamida bog'langan (76-rasm).

76-rasm. Juft kuching

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:

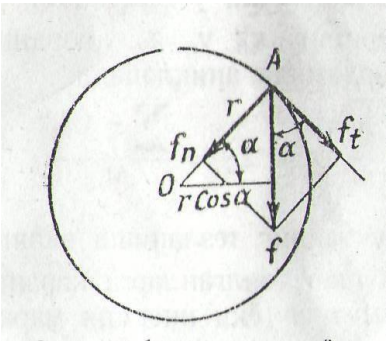
1.Jearl Walker. Fundamental of Fhysics 2007, GERN. 1543p (154p)
2.Strelkov S.P. Mexanika-Toshkent, o'qituvchi, 1977.
3.Sivuxin D.P. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Mexanika. Toshkent, o'qituvchi,1981 y.
4.Tursunmetov K.A., Daliev X. S. Mexanika. T. Universitet – 2000
5.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar 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,

$$fr\cos\alpha = mr^2 \qquad (2)$$

bo'ladi. $R\cos\alpha$ 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* $r\cos\alpha$ *ko'paytmasiga son jihatdan teng bo'lgan*

$$M = fr\cos\alpha \qquad (3)$$

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

$$I = mr^2 \qquad (4)$$

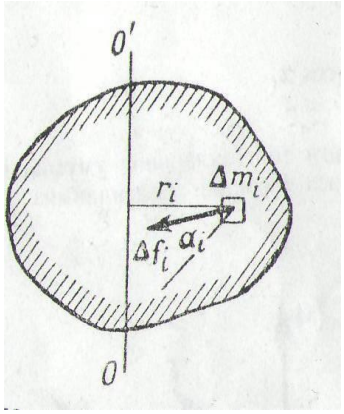
Kattalik A moddiy nuqtaning O nuqtaga nisbatan inertsiya momenti deyiladi.

(2) tenglikni kuch momenti M va inertsiya momenti I orqali qayta yozamiz:

$$M = I\beta \qquad (5)$$

(1) va (5) tengliklarni solishtirsak, ω_t chiziqli tezlanish f_t kuch va A moddiy nuqtaning m massasi bilan qanday bog'langan bo'lsa β burchak tezlanish M kuch momenti va I inertsiya momenti bilan huddu shunday bog'langan ekanligini ko'ramiz. Aylanma harakat β 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 β 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).



73-rasm. Aylanayotgan Qattiq jisimni juda mayday Bo'laklarga ajratish

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.

Δf_i kuchi Δm_i massaning traektoriyasiga o'tkazilgan urinma bilan α_i burchak tashkil etadi deb faraz qilaylik. α_i 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

$$l=\int \rho r^2 dV, \qquad (7a)$$

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 ϑ_1, ϑ_2, ..., ϑ_n va burchak tezligini ω bilan belgilaylik. Moddiy nuqtalarga ta'sir etuvchi kuchlarni dinamikaning ikkinchi qonuniga asosan topib, so'ngra ularni yig'indisini olamiz:

$$\begin{aligned}
F_1 &= m_1\frac{d\vartheta_1}{dt} = m_1 r_1\cdot\frac{d\omega}{dt} = m_1 r_1\varepsilon,\\
F_2 &= m_2\frac{d\vartheta_2}{dt} = m_2 r_2\cdot\frac{d\omega}{dt} = m_2 r_2\varepsilon,\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
F_n &= m_n\frac{d\vartheta_n}{dt} = m_n r_n\cdot\frac{d\omega}{dt} = m_n r_n\varepsilon.
\end{aligned} \qquad (5.14)$$

(5.14) - tenglamalar tizimining har ikki tomonlarini: r_1, r_2, ..., r_n ga ko'paytiramiz va qo'shamiz:

$$F_1r_1 + F_2r_2 + \dots + F_nr_n = (m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + \dots + m_nr_n^2)\,\varepsilon \qquad (5.15)$$

yoki

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = (J_1 + J_2 + \dots + J_n)\,\varepsilon.$$

U holda

$$M_1 + M_2 + \ldots + M_n = M$$

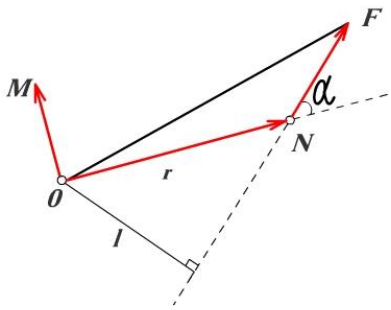
va

$$J_1 + J_2 + \ldots + J_n = J$$

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:

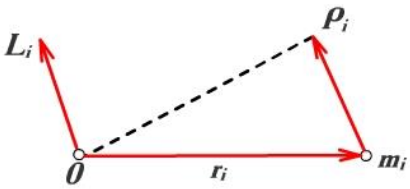
$$\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}]. \qquad (5.17)$$

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, $l = r \sin\alpha$ - 0 nuqtadan F kuchning ta’sir chizig‘iga tushirilgan tik chiziqning uzunligi. Bunda l kattalik F **kuchning elkasi** deyiladi.

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).



5.5-rasm.

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):

$$\vec{L}_i = [\vec{r}_i m_i \vec{V}_i] = [\vec{r}_i \vec{P}_i]. \qquad (5.19)$$

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

$$\frac{d\vec{L}}{dt}=\frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\overrightarrow{F_i}^{tash}]+\sum_{i=1}^{n}\left[\vec{r}_i\sum_{k=1}^{n}\overrightarrow{F_{ik}}\right] \qquad (5.21)$$

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.

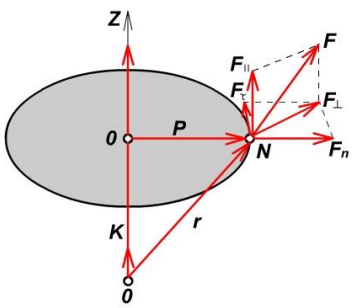
$$\overrightarrow{M}^{tash}=\sum_{i=1}^{n}[\vec{r}_i\overrightarrow{F_i}^{tash}]. \qquad (5.22)$$

(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: $\overrightarrow{M_{ik}}=\left[\vec{r}_i\overrightarrow{F_{ik}}\right]$ va $\overrightarrow{M_{ki}}=\left[\vec{r}_k\overrightarrow{F_{ki}}\right]$ $M_{ki}=[r_k F_{ki}]$.

Nyutonning uchinchi qonunidan

$$\overrightarrow{M_{ik}}+\overrightarrow{M_{ki}}=\left[\vec{r}_i\overrightarrow{F_{ik}}\right]+\left[\vec{r}_k\overrightarrow{F_{ki}}\right]=\left[\vec{r}_i\overrightarrow{F_{ik}}\right]-\left[\vec{r}_k\overrightarrow{F_{ik}}\right]=\left[\left(\vec{r}_i-\vec{r}_k\right)\overrightarrow{F_{ik}}\right]$$

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,

$$\frac{d\overrightarrow{L_A}}{dt}=\frac{d\overrightarrow{L}}{dt}-[\overrightarrow{V_A}\vec{P}]-\left[\vec{r}_A\frac{d\vec{P}}{dt}\right]$$

ifodani olamiz.

(5.24) ga binoan, $\frac{d\vec{P}}{dt}=\vec{F}^{tash}$ bo‘lgani uchun yuqoridagi ifoda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\frac{d\overrightarrow{L_A}}{dt}=\frac{d\vec{L}}{dt}-[\overrightarrow{V_A}\vec{P}]-\left[\vec{r}_A\frac{d\vec{P}}{dt}\right]. \qquad (5.27)$$

A nuqtaga nisbatan tashqi kuchlarning momenti

$$M_A^{\text{òàø}} = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}'\overrightarrow{F_i}^{tash}] = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r}'\vec{F}_i^{tash}] - \left[\overrightarrow{r_{\grave{A}}}\sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i^{tash}\right],$$

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

$$\frac{d\overrightarrow{L_A}}{dt} = \overrightarrow{M}^{tash} \qquad (5.30)$$

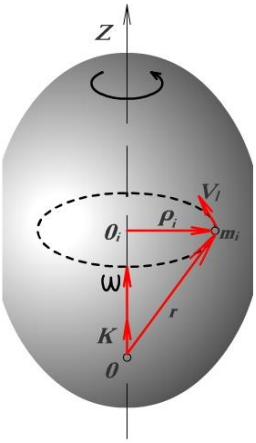
bo'lishi kelib chiqadi.

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,

$$L = \sum_{i=1}^{n}[\overrightarrow{r_i}^*\overrightarrow{P_i}] = \sum_{i=1}^{n}[m_i\overrightarrow{r_i}^*(\overrightarrow{v_i}^* + \overrightarrow{v_c})] = \sum_{i=1}^{n}[\overrightarrow{r_i}^*\overrightarrow{P_i}^*] + m[\overrightarrow{r_c}^*\overrightarrow{v_c}] = \sum_{i=1}^{n}[\overrightarrow{r_i}^*\overrightarrow{P_i}^*]$$

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

$$\frac{dL_Z}{dt} = M_Z^{tash} \qquad (5.31)$$

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

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^{n}[\vec{r_i} m_i \vec{v_i}] = \sum_{i=1}^{n}[(\overline{O}\vec{O} m_i \vec{v_i}] + \sum_{i=1}^{n}[\vec{\rho_i} m_i \vec{v_i}].$$

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,

$$L_Z = \sum_{i=1}^{n} m_i \rho_i^{\,2} \omega_z. \qquad (5.32)$$

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:

$$J = \sum_{i=1}^{n} m_i \rho_i^{\,2}\ . \qquad (5.33)$$

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.

13-14-ma’ruza Og’irlik va inersiya markazlari uni aniqlash usullari. Qattiq jism inersiya markazining harakat qonuni. Shteyner teoremasining tadbiqi.

Reja:

1. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan qattiq jismning inersiya momenti va kinetik energiyasi.

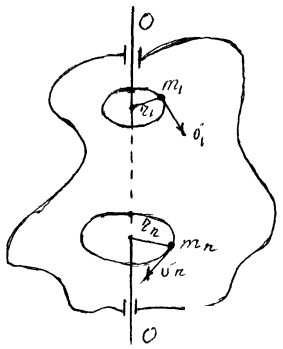
2. Shteyner tenglamasining tadbiqi.

Tayanch so‘zlar va iboralar: Absolyut qattiq jism, Og’irlik va inersiya markazlari, Shteyner teoremasi

1. Og’irlik va inersiya markazlari uni aniqlash usullari. Qattiq jism inersiya markazining harakat qonuni.

Qo‘zg‘almas 00 o‘qi atrofida aylanayotgan absolyut qattiq jismni ko‘raylik (5.1-rasm).

Tekshirilayotgan qattiq jism n ta moddiy nuqtalardan iborat bo‘lsin. Moddiy nuqtalarning massalari m_1, m_2 ,..., m_n ta’sir etuvchi tashqi kuchlar $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$, ..., $\mathbf{F_n}$, chiziqli tezliklari ϑ_1, ϑ_2 , ..., ϑ_n va burchak tezligi ω bo‘lsin.



5.1-rasm

Jismning aylanishdagi kinetik energiyasini topish uchun har bir moddiy nuqtaning kinetik energiyasini topib, so‘ngra ularning yig‘indisini olamiz:

$$\frac{m_1\vartheta_1^2}{2} = \frac{m_1}{2}(\omega \cdot r_1)^2 = m_1 r_1^2 \frac{\omega^2}{2},$$

$$\frac{m_2\vartheta_2^2}{2} = \frac{m_2}{2}(\omega \cdot r_2)^2 = m_2 r_2^2 \frac{\omega^2}{2},$$

.....

$$\frac{m_n\vartheta_n^2}{2} = \frac{m_n}{2}(\omega \cdot r_n)^2 = m_n r_n^2 \frac{\omega^2}{2},$$

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{m_i\vartheta_i^2}{2}=\sum_{i=1}^{n}m_i r_i^2\frac{\omega^2}{2}. \qquad (5.1)$$

(5.1) – tenglikda

$$\sum_{i}\frac{m_i\vartheta_i^2}{2}=Z$$

va

$$\sum_{i}m_i r_i^2=J \qquad (5.2)$$

deb belgilasak, qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi qattiq jismning kinetik energiyasining ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$Z=\frac{J\omega^2}{2}. \qquad (5.3)$$

Bu tenglikni ilgarilanma harakatdagi jism kinetik energiyasi ($E_k=\frac{m\vartheta^2}{2}$) bilan taqqoslasak, aylanma harakatdagi jismning inersiya momenti J jism inertligining o‘lchovi ekanligi kelib chiqadi.

Jismning inersiya momenti qancha katta bo‘lsa, jism katta tezlik olishi uchun shuncha ko‘proq energiya sarflash kerak. 5.2 - tenglikdagi J jismning 00 aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti deyiladi.

5.2 - tenglikdan *moddiy nuqtaning inersiya momenti moddiy nuqta massasining nuqtadan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofa kvadratiga ko‘paytirilganiga tengligi kelib chiqadi*. Ya’ni:

$$J=m\,r^2. \qquad (5.4)$$

Xalqaro birliklar tizimi (SI)da jismning inersiya momenti (5.4) tenglikka ko‘ra kg $\cdot m^2$ larda o‘lchanishi kelib chiqadi. Gorizantal tekislikda harakatlanayotgan g‘ildirakli jism energiyasi, jismning ilgarilanma harakat va aylanma harakatidagi kinetik energiyalarining yig‘indisidan tashkil topadi:

$$W=\frac{m\vartheta^2}{2}+\frac{J\omega^2}{2} \qquad (5.5)$$

Qat’iy qilib aytganda, jismni m massasi uning V hajmi bo‘yicha uzluksiz taqsimlangan mexanik sistema sifatida qarash lozim, bunda jismning inersiya momenti

$$J=\int_{(m)}\rho^2 dm=\int_{(V)}\rho^2 DdV \qquad (5.6)$$

bo‘ladi. Bu erda D - jismning zichligi, dm=D dV - jismning aylanish o‘qidan ρ masofada turgan dV hajm kichik elementining massasi. Jismning inersiya momenti uning materialiga, shakliga, o‘lchamiga, shuningdek, jismning aylanish o‘qiga nisbatan joylashishiga bog‘liq.

Sodda shaklli jismlar inersiya momentlarini hisoblashga bir necha misollar ko‘ramiz.

1-misol. Massasi m va radiusi R bo‘lgan yupqa devorli doiraviy silindrning o‘qiga nisbatan inersiya momenti.

Bunday silindrning hamma kichik elementlari uning massa markazi C dan o‘tgan o‘qdan bir xil R masofada joylashgan.

Shuning uchun

$$J_S = \int_{(m)} R^2 dm = mR^2 \qquad (5.8)$$

bo‘ladi.

2-misol. Massasi m va radiusi R bulgan bir jinsli yaxlit silindrning o‘qiga nisbatan inersiya momenti.

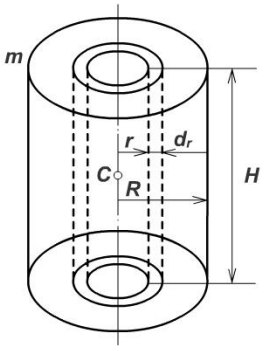
Silindrni fikran juda ko‘p sonli umumiy o‘qli yupqa silindrlarga bo‘lamiz. Aytaylik ulardan birortasining radiusi r, devorining qalinligi esa dr<<r bo‘lsin. Bu kichik silindr elementining inersiya momenti

$$dJ_c = r^2\, dm = r^2\, 2\pi\, rHDdr \qquad (5.9)$$

bo‘ladi.Bu erda N - silindr balandligi; D - uning zichligi. Yaxlit silindrning inersiya momentini uning hamma kichik elementlari inersiya momentlarini yig‘ib, ya’ni (5.9) ifodani r bo‘yicha 0 dan R gacha integrallab topamiz:

$$J_C = 2\pi HD\int_0^R r^2 dr = \frac{1}{2}\pi R^2 HD = \frac{mR^2}{2} \qquad (5.10)$$

bunda $m=D\pi R^2N$ silindrning massasi (5.3-rasm).



5.3-rasm.

3-Misol. Massasi m va uzunligi *l* bo‘lgan bir jinsli ingichka sterjenning o‘rtasidan o‘tgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti. Sterjenni fikran kichik bo‘lakchalarga bo‘lamiz. Aytaylik x - bunday bo‘laklardan birining aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofasi, dx-bo‘lakchaning uzunligi. U holda bu elementning inersiya momenti

$$dJ_c = x^2 dm = x^2 DSdx \qquad (5.11)$$

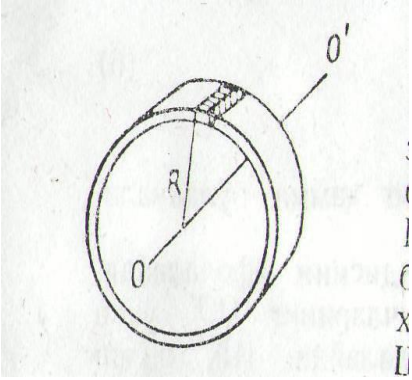
bo‘ladi.Bu erda S- sterjenning ko‘ndalang kesim yuzasi; D- uning zichligi. Sterjenning bitta yarmining inersiya momentini (5.11) ifodani x bo‘yicha 0 dan *l*/2 gacha integrallab topamiz, butun sterjenning inersiya momenti ikki marta katta:

$$J_c = 2DS\int_0^{l/2} x^2 dx = \frac{2}{3}DS\left(\frac{l}{2}\right)^3 = \frac{ml^2}{12}, \qquad (5.12)$$

chunki sterjenning massasi m=D*l*S. Pirovordida m massali va R radiusli bir jinsli sharning uning markazidan o‘tgan o‘qqa nisbatan inersiya momentini tayyor holda keltiramiz:

$$J_C = \frac{2}{5}mR^2. \qquad (5.13)$$

Inertsiya momentilari. Ba’zi jisimlarning malum o’qlarga nisbatan inertsiya momentilari bilan tanishamiz . eng soda misol sifatida m massali va R radyusli yupqa qavatli stlindirning (xalqaning) OO′ simetriya



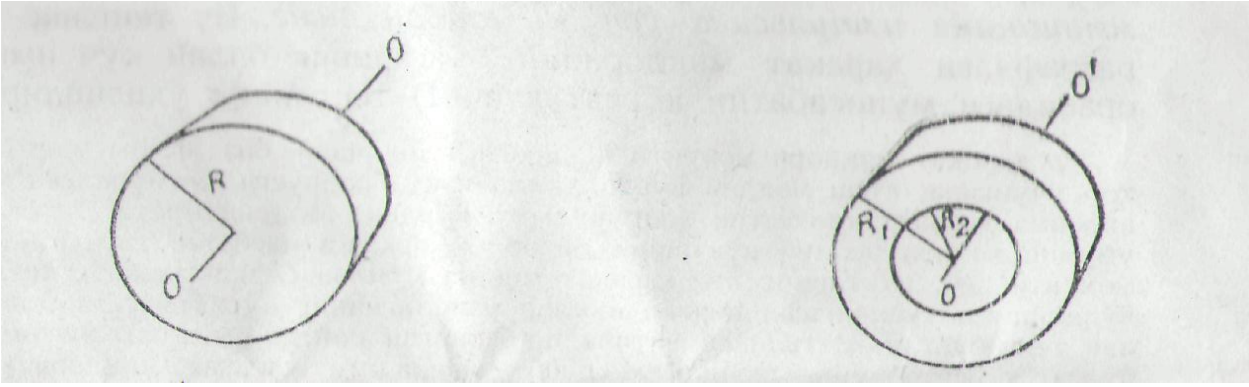
o'qiga nisbatan olingan inertsiya momentini ko'ramiz (77-rasim). Stlindirni uning yasovchilari bilan chegaralangan ensiz bo'laklarga ajratamiz (bunday ensiz bo'laklardan biri 77-rasimda shtirixlangan). Tsilindir juda yupqa bo'lgani uchun bunday bo'lakning hamma nuqtalari OO′ o'qdan bir xil R masofadan deb xisoblash mumkin. Shuning uchun bir bo'lakning inertsiya momenti $\Delta I=\Delta m_i R^2$ bo'ladi; bunda Δm_i – bo'lakning massasi. Bu yupqa kovak stlindirning hammasi uchun inertsiya momenti:

$$I=\sum_i \Delta m_i R^2=R^2\sum \Delta m_i ,$$

ammo $\sum_i \Delta m_i$ butun tslindirning m massasini ifodalaydi, shuning uchun:

$$I=mR^2. \qquad (1)$$

Qandaydir boshqa o'qqa nisbatan xuddi shu tsilindirning inertsiya mometi boshqach bo'ladi.



78-rasm. Tsilindir OO′ o'qqa Nisbatan inertsiya momenti $I=(1/2)mR^2$.ga teng

79-rasm. Kovak tsilindirning OO′ o'qqa nisbatan inertsiya momenti $I=(1/2)m(R_1^2+R_2^2)$,

Ba'zi boshqa jisimlarning inertsiya momentilarini xisoblab o'tirmay, ularning ifodalarini keltirib qo'ya qolamiz, cunki bunday xisoblashlar integrallash orqali Amalgam oshiralidi. *Yaxlit stlindirning* (diskning) o'z o'qiga nisbatan inertsiya momenti (78-rasim) :

$$I=(1/2)mR^2. \qquad (2)$$

Devorlari qalin bo'lgan *kovak stlindirning* o'z o'qiga nisbatan inertsiya momenti (79-rasim):

$$I=(1/2)m(R_1^2+R_2^2), \qquad (3)$$

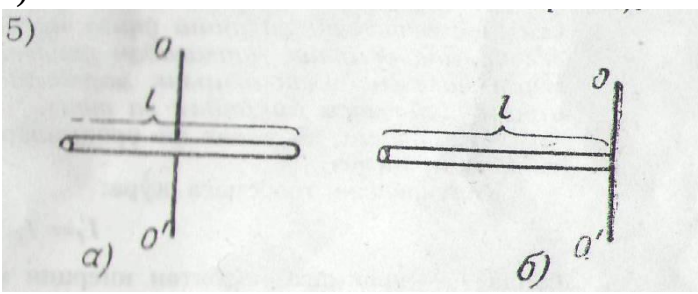
Bunda R_1 va R_2 – uning tashqi va ichki radyuslari.

i uzunlikdagi sterlenning uzunligiga tik ravishda o'rtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti (80-*a* rasm):

$$I=(1/12)ml^2. \qquad (4)$$

l uzunlikdagi sterjenning uzunligiga tik ravishda uning bir uchidan o'tuvvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti (80-*b* rasm):

$I=(1/3)ml^2$ (5)



Sharning o'z markazidan o'tuvchi O'qqa nisbatan inertsiya momenti:

$I=(2/5)mR^2$. (6)

Inertsiya momentining o'lchamligi

$I=mr^2$

80-rasm.

Sterjenning o'rtasidan o'tuvchi OO´ o'qqa nisbatan inertsiya momenti $I=(1/12)ml^2$ ga teng, uning bir uchidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti $I=(1/3)ml^2$ ga teng.

munosabatdan aniqlanadi;

bu munosabatdan:

$$[I]=[m]\times[r^2]=ML^2.$$

Shunday qilib , *CGS*-sistemada inertsiya momenti $g\ cm^2$ larda o'lchanadi; texnik sistemada esa inertsiya momenti o'lchanadigan birlik-(massaning texnik birligi) $\cdot m^2$ bo'ladi.

Xalqaro birliklar sistemasida (*MKS)* inertsiya momentini $kg\cdot m^2$ larda ifodalaydilar, chunki bu sistemada massa birligi uchun kilogram va uzunlik birligi uchun metr qabul qilishgan.

Berilgan kuch momenti va inertsiya momenti orqali jisimning burchak tezlanishini topishga bir misol keltiramiz .

Misol . radyusi R =0,5 va inertsiya momenti $I=20\ kg\cdot m^2$ bo'lgan g'ldirakka $M=5kgm$ o'zgarmas kuch momenti tasir qiladi: 1) burchak tezlanish va 2) g'ildirak gardishidagi nuqtaning 10 sekund oxiridagi chiziqli tezligi topilsin (boshlang'ich tezlik no'lga teng deb xisoblansin).

E c h i l i s h i. g'ildirakning burchak tezlanishi

$$\beta=M/l$$

xisoblishda birliklarning texnik sistemasidan foydalanamiz, u holda $l=20/9,8$ texnik birlik, bo'ladi:

$$\beta=5\cdot 9,8/20\ sek^{-2}=2,45\ sek^{-2}$$

xarakat boshlangandan t vaqt o'tgach, burchak tezlik

$$\omega=\beta t$$

bo'ladi. 10-sekundning oxirida gardishdagi nuqtalarning chiziqli tezligi

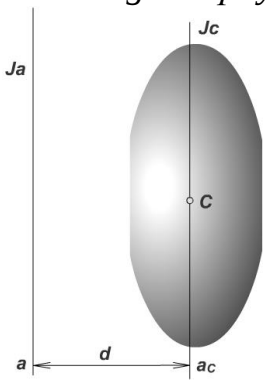
$$\mathbf{v}=\omega R=2,45\cdot 0,5\cdot 10\ /sek=12,25\ m/sek.$$

2.Shteyner tenglamasining tadbiqi.

Agar biror jismning o'z og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti ma'lum bo'lsa , bu o'qqa parallel bo'lgan istalgan o'qqa nisbatan inersiya momenti xam osogina aniqlanishi mumkin .

Agar *Shteyner teoremasidan* foydalanilsa, ixtiyoriy o'qqa nisbatan jismning inersiya momentini hisoblash osonlashadi: *jismning ixtiyoriy a o'qqa nisbatan inersiya*

momenti, bu o‘qqa parallel va jismning C massa markazidan o‘tgan o‘qqa nisbatan inersiya momenti J_s bilan jism massasi m ni shu o‘qlar orasidagi masofaning kvadratiga ko‘paytmasining yig‘indisiga teng (5.2-rasm):



5.2-rasm.

$$J_a = J_c + md^2 \qquad (5.7)$$

Bu teoremani isbotlaymiz. 5.2-rasmda a va a_s o‘qlar chizma tekisligiga tik yo‘nalgan, massasi dm bo‘lgan jismning kichik elementidan bu o‘qlargacha bo‘lgan masofalar a va a_s bilan belgilangan. Kosinuslar teoremasi bo‘yicha $\rho^2 = \rho_0^2 + d^2 + d\rho_c \cos\varphi$ va

$$J_a = \int_{(m)} \rho^2 dm = \int_{(m)} \rho_c{}^2 dm + md^2 + 2d \int_{(m)} x^* dm$$

bo‘ladi. Bu erda $x^* = \rho_s$ sos φ - jism dm elementining boshlanishi jism massa markazida va abstsissasi a va a_s o‘qlar bilan kesishuvchi va ular yotgan tekislikka tik bo‘lgan koordinatalar sistemasidagi abstsissasi. Massa markazining (5.4) taorifdan

$$\int_{(m)} x^* dm' = mx_c^* = 0$$

bo‘lishi kelib chiqadi,chunki jismning massa markazi koordinata boshi bilan mos tushadi.Shunday qilib (5.7) munosabatning to‘g‘riligi isbotlandi.

Bunda I_t-urinmaga nisbatan inertsiya momenti ,I_c-og’irlik markazidan o’tuvchi o’qqa nisbatan inertsiya momenti , m-sharning massasi va a-urinmadan sharning markazigacha bo’lgan masofa .shar uchun a=R va I_c=2/5mR^2 bo’lgani uchun :

$$I_t=(2/5)mR^2+mR^2=(7/5)mR^2.$$

Nazorat savollari

1. Absolyut qattiq jism deb nimaga aytiladi?
2. Kuch momenti va inertsiya momenti qanday birliklarda ulchanadi?
3. Qattiq jism inertsiya markazi harakatini tushuntiring?
4. Aylanma harakat qanday sodir bo’ladi?]
5. Inertsiya momenti qanday kattalik?
6. Kuch momentining fizik mazmunini tushuntiring?
7. Impuls momentining yunalishi qanday aniqlanadi?
8. Kuch momentining yunalishi qanday usul bilan aniqlanadi?
9. Impuls momentining saqlanish qonuni qanday sharoitda bajariladi?

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.

.

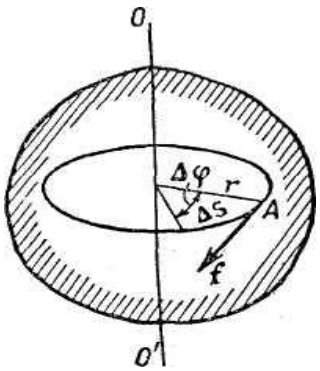
15-maruza. Aylanma va ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi. Giroskoplar. Erkin giroskop o'qining harakati. Giroskopik kuchlar.

Reja:

1. Aylanma va ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi.
2. Giroskoplar. Erkin giroskop o'qining harakati. Giroskopik kuchlar.

Tayanch so'zlar va iboralar: kinetik energiya, Giroskop. Giroskopik kuch

Endi, jism qo'zg'almas *OO'* o'q atrofida ma'lum φ burchakka burilganda kuchlarning *M* momenti bajaradigan ishni hisoblaymiz (89-rasm). Qattiq jismga o'zi qo'yilgan nuqtaning trayektoriyasiga urinma ravishda yo'nalgan va *OO'* o'qqa nisbatan *M=fr* momentga ega bo'lgan *f* kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin. Jism $\Delta\varphi$ burchakka burilsa, qo'yilgan A nuqta Δs yoyni bosib o'tadi. Shuning uchun *f* kuch bajargan ish:



$$\Delta A = f \bullet \Delta s,$$

lekin $\Delta s = r\Delta\varphi$, bunda $\Delta\varphi$ — jismning qancha burilganini ko'rsatuvchi burchak. Binobarin,

$$\Delta A = fr\Delta\varphi$$

yoki $fr = M$ kattalik *f* kuchning momenti bo'lgani uchun,

$$\Delta A = M \bullet \Delta\varphi \qquad (1)$$

bo'ladi. SHunday qilib, jism Δφ burchakka burilganda bajariladigan ish, son jihatdan, kuch momenti bilan burilish burchagining ko'paytmasiga teng.

Agar M moment o'zgarmas bo'lsa, jism chekli φ burchakka burilganda bajariladigan ish:

89-расм. Айлантирувчи кучнинг иши

$$A=M*\varphi \quad (2)$$

bo'ladi. M moment o'zgaruvchan bo'lgan da (1) formula yordamida elementar ΔA ishlarni aniqlab, butun bajarilgan ishni hosil qilish uchun, shu elementar ishlarni yig'ish kerak bo'ladi.

Endi qo'zg'almas o'q atrofida berilgan ω burchak tezlik bilan aylanayotgan jismni olib qaraylik. Bu jismga tegishli bo'lgan *i* –bo'lakchaning kinetik energiyasi

$$\Delta E_{ri} = \frac{\Delta m_i \cdot v_i^2}{2}$$

bo'ladi; bunda Δm_i - shu bo'lakchaning massasi va v_i – uning chiziqli tezligi.

$$\Delta E_{ki} = \frac{\Delta m_i \cdot r_i^2 \varpi^2}{2}$$

Butun jismning aylanishdagi kinetik energiyasi uning ayrim bo'lakchalari kinetik energiyalarning yig'indisiga teng:

$$E_k = \sum \frac{\Delta m_i r_i^2 \varpi^2}{2} = \frac{\varpi^2}{2} \sum \Delta m_i r_i^2$$

ammo 35-paragrifdagi (7) formulaga asosan $\sum \Delta m_i r_i^2 = I$ jismning (aylanish o'qiga nisbatan) inertsiya momentidir, bundan,

$$E = \frac{I\varpi^2}{2} \quad (3)$$

SHunday qilib, qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jismning kinetik energiyasini ifodolovchi formula xuddi moddi y nuqtaning kinetik energiyasini ifodolovchi formulaga o'xshaydi. Farqi faqat shundaki, massa o'rnida inertsiya momenti *I* va chiziqli tezlik o'rnida burchak tezlik ϖ turadi.

Biz qattiq jismning qo'zg'almas OO' o'q atrofida aylanishini tekshirdik. endi quyidagi boshqa bir xususiy holni tekshiramiz: qattiq jismning atslanish o'qi uning massa markazidan o'tadi va o'z-o'ziga paralel ravishda ko'chib boradi. Δm_i massali hajm bo'lakchasining chiziqli tezligi v_i bo'lsin va massa markazining o'sha koordinata sistemasiga nisbatan chiziqli tezligi vC bo'lsin. Bundan tashqari, hajm bo'lakchasining massa markaziga nisbatan tezligi v'_i ni kritamiz, u holda:

$$v_i = v_i + v_C \quad (4)$$

Hajm bo'lakchasining ΔE_{ki} = kinetik energiyasi:

$$\Delta E_{ki} = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2} = \frac{\Delta m_i (v_{ix}^2 + v_{iy}^2 + v_{iz}^2)}{2}$$

YOki (4) formulaga asosan:

$$\Delta E_{ki} = \frac{\Delta m_i v_c}{2} + \frac{\Delta m_i v_i^2}{2} + \Delta m_i (v_{cx} v'_{ix} + v_{Cy} v'_{iy} + v_{Cz} v'_{iz})$$

Jismning hamma bo'lakchalariga tegishli bo'lgan kinetik energiyalarni yig'ib, butun jismning E_k kinetik energiyasini olamiz:

$$E_k = \sum \frac{\Delta m_i v_c^2}{2} + \sum \frac{\Delta m_i v_i'^2}{2} + \sum \Delta m_i (v_{cx} v'_{ix} + v_{Cy} v'_{iy} + v_{Cz} v'_{iz}) \quad (5)$$

Bu tenglikning o'ng tomnidagi birinchi had markazi bilan birga harakat qiladigan va butun jismning m massasiga teng massaning kinetik energiyasi $\frac{mv_C^2}{2}$ ekanini ko'riy qiyin emas. Asosiy tekstdagi kabi mulohazalar, ikkinchi had kattiq jismning o'z massa markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanishidagi kinetik energiyasi $\frac{I\varpi^2}{2}$ ekanligini ko'rsatadi. Uchinchi hadning esa nolga teng ekanini ko'rsatish mumkin. Buning uchun $\Delta m_i v_{Cx} v'_{ix}$ ko'paytmani olib tekshiraylik. (4) tenglikka asosan $v'_{ix} = v_{ix} - v_{Cx}$ ekanini e'tiborga olsak:

$$\Delta m_i v_{Cx} v'_{ix} = \Delta m_i v_{ix} v_{Cx} - \Delta m_i v_{Cx}^2$$

Massa markazining koordinatalari x_S, y_C, z_C orqali va jismga tegishli bo'lgan *i*-bo'lakchaning koordinatalarini x_i, y_i, z_i orqali belgilaymiz. U holda $v_{Cx} = x_C$ $v_{ix} = x_i$

bunda harflar tepasiga qo'yilgan nuqtalar vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilalarni ifodalaydi. Bu tengliklardan foydalanib, (6) tenglikni

$$\Delta m_i v_{Cx} v'_{ix} = \Delta m_i v_C v_i - \Delta m_i v_C^2$$

ko'rinishda yozish mumkin. Jismningg hamma bo'lakchalari uchun yozilgan (7) tengliklarni yig'ib, quyidagi tenglikni olamiz:

$$\sum \Delta m_i v_{Cx} v'_{ix} = x_C \quad \sum \Delta m_i x_i - m x_C^2$$

34-paragrafdagi (6) formulaga asosan $\sum \Delta m_i x_i = m x_C$ bundan:

$$\sum \Delta m_i x_{Cx} v'_{ix} = 0$$

Tengliklarning boshqa o'qlardagi proektsiyalari uchun ham xuddi shunday tengliklarni topamiz, bulardan:

$$\sum \Delta m_i (v_{cx} v'_{ix} + v_{Cy} v'_{iy} + v_{Cz} v'_{iz}) = 0$$

SHundan so'ng (5) tenglik

$$E_k = \frac{m v_c^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Ko'rinishini oladi. Demak, qattiq jismning to'la kinetik energiyasi – massa markazi bilan birga harakat qiladigan va butun jismning m massasiga teng bo'lgan massasining kinetik energiyasi bilan qattiq jismning o'z massa markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanishdagi kinetik energiyasi yig'indisiga tengdir.

Aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasini hisoblashga oid bir necha misollar ko'raylik.

1-misol. Val bilan birga maxovikning inertsiya momenti 200 kgm^2 va u har minutda 180 marta aylanadi. Aylantiruvchi moment maxovikka ta'sir qilishdan to'xatgandan so'ng, 2 minut o'tgach, podshipniklardagi ishqalash kuchlari ta'sirida maxovik aylanishdan to'xtaydi. Podshipniklardagi ishqalash kuchlarini o'zgarmas deb hisoblab, shu ishqalash kuchlarining momenti aniqlansin.

Echilishi. Podshipniklardagi ishqalish kuchlari aylanayotgan maxovikning

$$\frac{I\omega_0^2}{2} = M\varphi$$

Kinetik energiya hisobiga ish barajaradi, bunda ω_0 – maxovikning boshlang'ich burchak tezligi, I – uning inertsiya momenti, φ-to'xtashgacha maxovik burilgan burchak, *M* podshipnilardagi ishqalanish kuchlarining izlanayotgan momenti.

Maxovikning aylanma harakatini tekis-sekilanuvchan deb hisoblab, $\varphi = \frac{\omega_0}{2} t$

tenglikka ega bo'lamiz, bunda t-maxovik to'xtaguncha ketgan vaqt, bundan:

$$M = \frac{I\omega_0}{t}$$

Burchak tezlik, $\omega_0 = 2\pi n_0$ bunda n_0 =180 aylanish/minut =3 aylanish / sekund. Demak:

$$M = \frac{200 \cdot 2\pi \cdot 3}{9.8 \cdot 120} кГм = 3{,}2 кГм$$

2-misol. Dumalab borayotgan quyidagi uch jism: a) gardish, b) yaxlit tsilindr, v) shar uchun aylanish energiyasi umumiy kinetik energiyaning qancha qismini tashkil qiladiq

Echilishi: sirpanmasdan dumalab borayotgan jismning chetidagi nuqtalarining tezligi jismning ilgarilanma harakat tezligi υ ga teng bo'ladi. Shunga ko'ra, gardish uchun I=mR^2 va υ=ωR ekanini e'tiborga olsak, gardish dumalab borayotganda uning aylanish kinetik energiyasi

$$E_{айл} = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{m\omega^2}{2}$$

bo'ladi.

E_k to'la kinetik energiya E_{ayl} aylanish energiyasi bilan ilgarilanma harakatga tegishli $\frac{mv^2}{2}$ kinetik energiyaning yig'inidisiga teng, demak:

$$E_k = \frac{mv_2}{2} + E_{айл} = mv^2 \text{ bundan } E_{айл} = \frac{1}{2}E_k \quad (8)$$

YAxlit tsilindr uchun:

$$I = \frac{1}{2}mR^2 \text{ bundan } E_{айл} = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{4}$$

to'la kinetik energiya:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + E_{айл} = \frac{3}{4}mv^2 \text{ bundan } E_{айл} = \frac{1}{3}E_k \quad (9)$$

SHar uchun:

$$I = \frac{2}{5}mR^2 \text{ bundan } E_{айл} = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{1}{5}mv^2$$

to'la kinetik energiya:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{5}mv^2 = \frac{7}{10}mv^2 \text{ bundan } E_{айл} = \frac{2}{7}E_k \quad (10)$$

3-misol. Balandligi h bo'lgan qiya tekislik bo'yicha uch jism: a) gardish, b) yaxlit tsilindr, v) shar dumalab tushadi. Ularning har biri uchun qiya tekislikning oxiriga borib etgandagi ilgarilanma harakat aniqlansin. Bu tezliklar shu qiya tekislik bo'yicha ishqalishsiz sirpanib tushgan jismning qiya tekislik oxiridagi tezligi bilan solishtirilsin.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{1}{2}m + \frac{1}{R^2}v^2$$

Kinetik energiya potentsial energiya E_p=mgh hisobiga vujudga kelganligi sababli

$$\frac{1}{2}m + \frac{1}{R^2}v^2 = mgh \text{ bundan } v = \sqrt{\frac{2mgh}{m + \frac{1}{R^2}}}$$

YOki

$$v=\sqrt{\frac{2gh}{m+\frac{1}{mR^2}}}$$

Balandligi h bo'lgan qiya tekislikdan sirpanib tushgan jismning tezligi

$$v=\sqrt{2gh}$$

Bo'ladi. Bulardan ko'rinadiki, ishqalanishsiz sirpanib tushgan jismning tezligi sirpanib tushgan jism tezligidan $v=\sqrt{\frac{I}{mR^2}}$ marta kichik bo'ladi, bunda I-jismning inertsiya momenti, m-uning massasi va R-uning radiusi.

Gardish uchun I=mR^2 ekanini e'tiborga olsak:

$$v=\sqrt{2gh}$$

YA'ni gardishning qiya tekislik bo'yicha dumalab tushganda olgan shu qiya tekislik bo'yicha ishqlanishsiz sirpanib tushgan jismning tezligidan $\sqrt{2}=1.41$marta kichik bo'ladi.

YAxlit tsilindr uchun $I=\frac{1}{2}mR^2$ binobarin, uning dumalab tushgandagi tezligi

$$v=2\sqrt{\frac{gh}{3}}$$

Ya'ni sirpanib tushgan jismning tezligidan $\sqrt{\frac{3}{2}=1.23}$ marta kichik bo'ladi.

SHar uchun $I=\frac{2}{5}mR^2$ binobarin, uning dumalab tushgandagi tezligi

$$v=2\sqrt{\frac{10gh}{7}}$$

ya'ni sirpanib tushgan jismning tezligidan $\sqrt{\frac{7}{5}=1.18}$ marta kichik bo'ladi.

Tayanch so'zlar va iboralar: kinetik energiya, energiyani saqlanish qonuni.

Mustahkamlash uchun savollar:

1.Aylanma harakatdagi qattiq jismning kinetik energiyasi qanday ifodalanadi?
2.Impuls momenti qanday aniqlanadi?
3.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.

.

16-ma'ruza. Deformasiya. Deformasiya turlari. Plastik deformasiya.elastik jismlar. Guk qonuni. Elastik deformasiya (cho’zilish va siqilish). Deformasiya formulasi va grafigi. Deformasiya energiyasi va energiya zichligi. Mustahkamlik chegarasi va mustahkamlik zapasi.

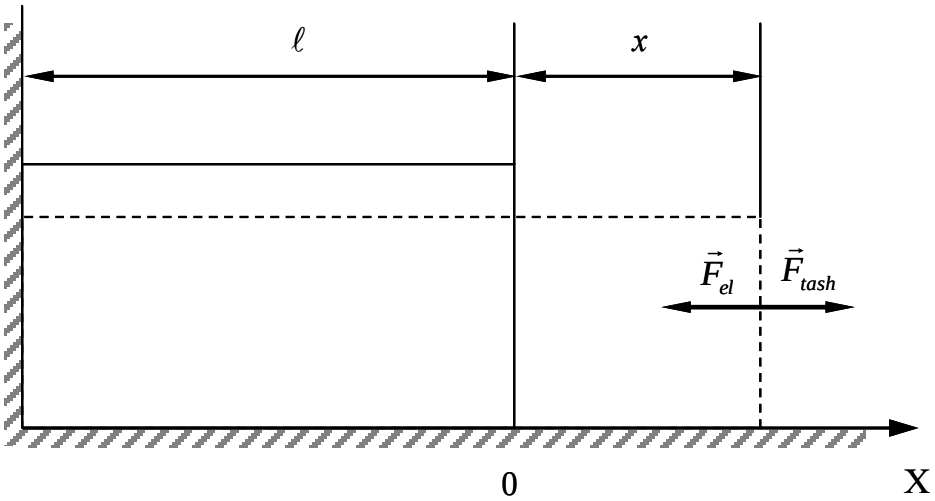
Reja:

1. **Elastiklik kuchlari.**
2. **Deformatsiya energiyasi**
3. **Mustahkamlik chegarasi va mustahkamlik zapasi.**

Tayanch so‘zlar va iboralar: Elastiklik, elastiklik kuchlari, deformatsiya, yung modoli, mexanik kuchlanish.

Elastiklik kuchlari. Harqanday qattiq jism tashqi kuchlar ta'sirida o’zining shaklini va xajmini o’zgartiradi. Bunday o’zgarish deformatsiya deb ataladi. Tashqaridan qo’yilgan kuchlarning ta'siri to’xtashi bilan yo’qolib ketuvchi deformatsiyalar elastik deformatsiyalar deb ataladi. Kuchlarning ta'siri to’xtagandan so’ng jismda saqlanib qoluvchi deformatsiyalar plastik yoki qoldiq deformatsiyalari deb ataladi.

Deformatsiyalanish jarayonida qattiq jismni tashkil etuvchi zarrachalar (molekulalar va atomlar)ning ma'lum qismi bir-birlariga nisbatan siljiydi. Bunday siljishga qattiq jism tarkibidagi zaryadlangan zarrachalar orasidagi elektromagnit kuchlari qarshilik ko’rsatadi. (Zaryadlangan zarrachalar orasidagi o’zaro ta'sir kuchlari elektromagnit ta'sir kuchlari deb ataladi). Natijada deformatsiyalanayotgan qattiq jismda son jixatidan tashqaridan qo’yilgan kuchga teng, lekin qarama-qarshi yo’nalishga ega bo’lgan ichki kuch-elastiklik kuchi vujudga keladi. Deformatsiyalarning turlari juda ko’p bo’lib tushunish oson bo’lishi uchun eng sodda deformatsiyalardan birini-bir tomonlama cho’zilish yoki bir tomonlama siqilishni qarab chiqaylik.



3.1 – rasm

Uzunligi l ga, ko'ndalang kesimining yuzi esa S ga teng bo'lgan bir jinsli rezina sterjen stol sirtiga qo'yilgan va uning bir uchi devorga maxkamlangan bo'lsin (3.1-rasm). Agar X o'qining musbat yunalishi bo'yicha sterjen ko'ndalang kesimning yuzaga tik ravishda tashqi $\vec{F}_{tash}$ kuch ta'sir qilsa, sterjenning uzunligi x qiymatga ortadi, ya'ni cho'ziladi. Deformatsiyalanish (cho'zilish) jarayonida, sterejenda uni avvalgi xoliga qaytarishga intiluvchi, son jixatidan $\vec{F}_{tash}$ kuchga teng lekin qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'lgan $\vec{F}_{el}$ elastiklik kuchi vujudga keladi.

Elastik kuch bilan potensial energiya orasidagi bog'lanish. Elastik kuch ta'sirida, jism deformatsiyasining kichik (dx kattalikka) o'zgarishlarida, bajarilgan elementar ish quyidagiga teng bo'ladi.

$$dA = Fdx = -kxdx \qquad (6.28)$$

Ishning to'la qiymatini aniqlash uchun (6.28) formulani deformatsiyalanmagan holatdan (x_o= 0) deformatsiya kattaligi x qiymatlari chegarasida integrallaymiz:

$$A = -\int_{x_0}^{x} kxdx = -\frac{kx^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} \quad . \qquad (6.29)$$

Bu kattalikka asosan prujinaning potensial energiyasi o'zgaradi:

$$U_n = \frac{kx^2}{2} - U_0 \ , \qquad (6.30)$$

bunda $U_0 = \frac{kx_0^2}{2}$ – deformatsiyalanmagan jismning potensial energiyasi, uni nolga teng deb olsak, (6.30) quyidagicha yoziladi:

$$U_{\Pi} = \frac{kx^2}{2} \quad . \qquad (6.31)$$

Shunday qilib, (6.29) dan ko'rinadiki, *elastik jism deformatsiyalansa, unda ish deformatsiyalangan jism energiyasining o'zgarishiga sarf bo'ladi. (6.31) ifodaga deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi deyiladi.*

Potensial maydonning xar bir nuktasiga bir tomondan jismga ta'sir etuvchi f kuch vektorining biror qiymati mos kelsa, ikkinchi tomondan, jism U potensial energiyasining ham qiymati mos keladi.

Demak, kuch bilan potensial energiya orasida ma'lum bog'lanish mavjud bo'lishi kerak. Ma'lumki, ish potensial energiya hisobiga bajariladi, ya'ni:

$$\Delta A = -\Delta U \qquad (6.32)$$

– ΔU – sistema potensial energiyasining kamayishini ko'rsatadi.

(6.18) bilan (6.32) ni solishtirib quyidagini topamiz:

$$F_s \Delta S = -\Delta U \ ,$$

bundan

$$F_s = -\frac{\Delta U}{\Delta S} \quad . \qquad (6.33)$$

(6.33) ifodada F_s – bu F kuchning s ko'chish bo'yicha proeksiyasi. F_s ning berilgan nuqtadagi qiymatini topish uchun limitga o'tish kerak:

$$F_s = -\lim_{\Delta s \to 0} \frac{\Delta U}{\Delta S} \qquad (6.34)$$

U, s o‘q bo‘ylab ko‘chirilgandagina emas, hatto boshqa yo‘nalishlar bo‘ylab ko‘chganda ham o‘zgarganligi uchun (6.34) formuladagi limit U dan s bo‘yicha xususiy hosiladan iborot bo‘ladi, ya’ni:

$$F_s = -\frac{\partial U}{\partial S} \qquad (6.35)$$

(6.35) munosabat fazodagi ixtyoriy yo‘nalish uchun, xususan, x, y, z dekart koordinata o‘qlari bo‘yicha yo‘nalishlar uchun ham o‘rinlidir; ya’ni:

$$\vec{F} = -(\frac{\partial U}{\partial X}\vec{i} + \frac{\partial U}{\partial Y}\vec{j} + \frac{\partial U}{\partial Z}\vec{k}) \qquad (6.36)$$

Demak, kuch potensial energiyaning teskari ishora bilan olingan gradientiga teng ekan **F** = – gradU.

Deformatsiyalanish darajasini sterjen uzunligining nisbiy o’zgarishi $\frac{x}{l} = \varepsilon$ orqali belgilanadi. Deformatsiyaga sabab bo’lgan tashqi ta'sir esa ta'sir etuvchi kuchning sterjen ko’ndalang kesimi yuziga nisbati $\frac{F_{tash}}{S} = \sigma$ orqali aniqlanadi. Tashqi va elastiklik kuchlari son qiymatlari bo’yicha o’zaro teng, yo’nalishlari esa qarama-qarshi ekanligini e'tiborga olib, bu kuchlarning X o’qiga proektsiyalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$F_{tash.x} = -F_{el.x} \; ; \quad \sigma = \frac{F_{el}}{S} \qquad (3.6)$$

bunda σ ni mexanik kuchlanish deb atalib, u kuzatilayotgan sterjen ko’ndalang kesimining birlik yuziga to’g’ri keladigan elastiklik kuchini ifodalaydi.

Ingliz olimi Robert Guk tajribalar asosida elastiklik deformatsiyalarda vujudga keluvchi kuchlanish nisbiy cho’zilishga proportsional ekanligini ifodalovchi qonuni yaratadi. Gukning bu qonunini bir tomonlama cho’zilish yoki siqilishdan iborat deformatsiyalar uchun quyidagicha yozish mumkin:

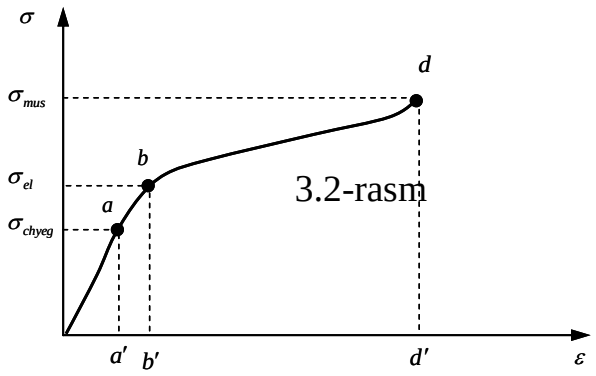
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \qquad (3.7)$$

(3.7)dagi E - o’zgarmas kattalik bo’lib, sterjenning qanday materialdan yasalganligiga va uning fizik xolatiga bog’liq. E-ni elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi. (3.7) ga E - ning ifodasini keltirib qo’yib Yung modulini aniqlash mumkin:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{x/l} \qquad (3.8)$$

$x = l$ teng bo’lganda nisbiy uzayish $\frac{x}{l} = 1$ bo’ladi va E son jixatdan σ ga teng bo’lib qoladi. Demak, (3.8)dan foydalanib, quyidagi xulosaga kelish mumkin: Yung moduli E son jixatdan sterjen uzunligini ikki marta orttirilganda vujudga keladigan kuchlanishga teng.

Guk qonuniga asosan kuchlanish nisbiy cho’zilishga chiziqli bog’langan ekan. Tajribalar Guk qonuni faqat elastik deformatsiyaning kichik qiymatlarida aniq bajarilishini ko’rsatadi. 3.2-rasmda ba'zi bir metallar uchun kuchlanishnig nisbiy uzayishga bog’liqlik grafigi keltirilgan.



3.2-rasm

Bog'lanishning 0 dan a' gacha qismi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, nisbiy uzayishining qiymatlari a' dan kichik bo'lgan xollarda Guk qonunining to'la bajarilishini ko'rsatadi. Makromolekulalardan tashkil topgan jismlar - polimerlar uchun bu bog'lanish mutlaqo o'zgacha harakterga egadir. Makromolekula deb atalishning boisi shundan iboratki, polimerda har bir molekula juda ko'p miqdordagi atomlardan tashkil topgan. Masalan, polipropilen deb ataluvchi polimerning bir dona zanjirsimon molekulasi 10 000 lab polipropilen C_3H_7 molekulalarining bir-biriga qo'shilishidan hosil bo'lgan. Bunday polimerlarning elastik deformatsiyalanishidagi nisbiy o'zgarish 600% dan ham yuqori qiymatga ega bo'lishi mumkin.

Tayanch so'zlar va iboralar: Elastiklik, elastiklik kuchlari, deformatsiya, yung modoli, mexanik kuchlanish.

Mustahkamlash uchun savollar

1. Deformatsiya qanday fizik kattalik.
2. Elastiklik va Plastik deformatsiya deb nimaga aytiladi.
3. Guk qonuniga ta'rif bering.
4. Yung modulini tushuntiring.
5. Ishqalanish kuchlari qanday kuchlar. Ularning qanday turlari mavjud.

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.

17-18-ma'ruza. Tortishishning potensial energiyasi. Koinot mehanikasining asosiy qonunlari va uning isbotlari. Yer yo'ldoshi va kosmik apparatlarning harakati. I,ii,iii-kosmik tezliklar.

Reja:

1. **Gravitatsion maydoni.**
2. **I,II,III-kosmik tezliklar**.
3. **Koinot mehanikasining asosiy qonunlari va uning isbotlari**

Tayanchiboralar: Yer yo'ldoshlari, Keplerning III – qonunini, 1-kosmik tezlik, Planetalar, Koinot qonunlari, Tortishish kuchlar

Umuman hozirgi kunda ma'lum bo'lgan hamma kuchlarni to'rt xil asosiy toifaga ajratish mumkin: tortishish kuchlari, elektromagnit kuchlar, qudratli uzaro ta'sir kuchlari (masalan, yadroda zarralarning o'zaro ta'sir kuchlari) va zaif o'zaro ta'sir kuchlari (masalan, elementar zarralarning emirilishida sodir bo'ladigan kuchlar).

Mavjud bo'lgan har qanday jismlar o'zaro tortishib turadi. Jismlar orasidagi tortishish kuchlarining qonuniyatini 1687 yilda Nyuton aniqlagan bo'lib, uni odatda butun olam tortishish qonuni deb ataladi. Bu qonunga ko'ra moddiy nuqta deb qaralishi mumkin bo'lgan har qandai ikki jism massalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va oralaridagi masofaning kvadratiga teskari proporsional kuch bilan bir-biriga tortilib turadi. Bu kuchning modulini quyidagicha ifodalash mumkin

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (3.1)$$

bunda γ - tortishish (gravitatsiya) doimiysi bo'lib, uning qiymati $\gamma = 6{,}67\ 10^{-11}$ N m^2/kg^2 ga teng. (3.1) ni sharsimon shakldagi, bir jinsli, ixtiyoriy massaga ega bo'lgan jismlar uchun ham qo'llash mumkii. Jism bilan yer orasidagi o'zaro tortitish kuchining modulini quyidagicha yozish mumkin

$$F = \gamma \frac{mM_{Yer2}}{R_{Yerp}{}^2} \qquad (3.2)$$

bunda m - Yer sirtidagi jism massasi; M_{yer} - Yerning massasi, R_{yer} - Yer sharining radiusi.

Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan m massali jism F_{tor} - tortitish kuchi ta'sirida Yer bilan bog'liq sanoq sistemasiga nisbatan biror tezlanish bilan harakatga keladi:

$$F_{tor} = ma \qquad (3.3)$$

(3.2) va (3.3) ni o'zaro tenglab, Yerning tortish kuchi ta'sirida kuzatilayotgan jismning olgan tezlanishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a = \gamma \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}{}^2} \qquad (3.4)$$

(3.4) formuladagi kattaliklar o'zgarmas qiymatga ega ekanliklarini e'tiborga olsak, jism harakatiga qarshilik ko'rsatuvchi kuchlar mavjud bo'lmagan xollardagi Yer sirtiga yaqin balandliklarda har qanday jism bir xil tezlanish bilan tushadi degan xulosaga kelamiz. Boshqacha aytganda, (3.4) da faqat Yerning tortishish kuchi ta'sirida vujudga kelgan erkin tushish tezlanishidir, shuning uchun uni g orqali belgilaylik, ya'ni

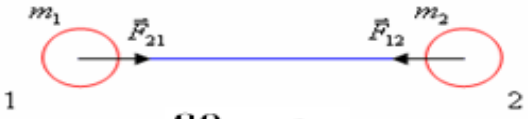
$$g = \gamma \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}^{2}} \qquad (3.5)$$

Jism og'irligi deganda, tutib turuvchi taglikka yoki osmaga shu jism tomonidan ko'rsatilayotgan $\vec{N}$ ta'sir kuchi tushuniladi. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, $\vec{P}$ jismga qo'yilgan $\vec{N}$ esa taglikka qo'yilgan, lekin jismning harakatsiz xolatida bu kuchlar modul jixatidan bir-biriga teng bo'lib, yo'nalishlari esa qarama-qarshidir.

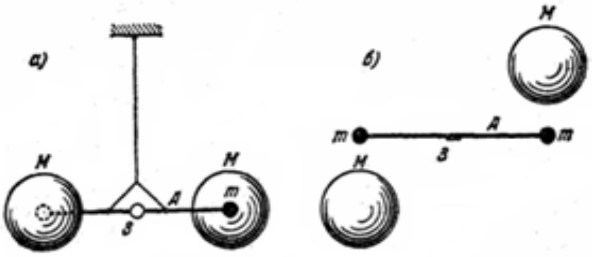
Butun olam toritishish qonuni

Tabiatdagi barcha jismlar o'zaro tortishadi. Tortishish kuchlari Nyuton tomonidan o'rganilib, 1957 yilda Nyutonning tortishish qonuni yoki «Butun olam tortishish» qonuni kashf etiladi.

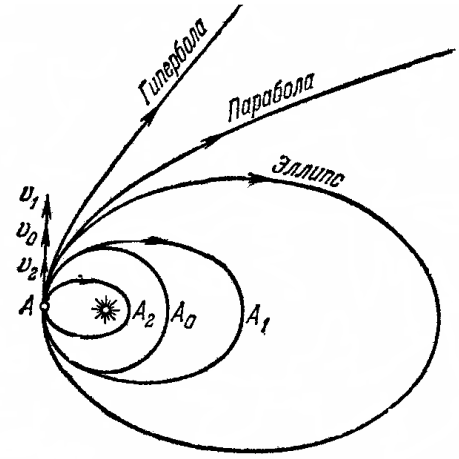
Ta`rifi; Massalari m_1 va m_2 bo'lgan va bir-biridan r masofada joylashgan jismlar orasidagi o'zaro tortishish kuchlari shu jismlarining massalarini kuchaytmasiga to'g'ri proporsional ($F \sim m_1 \cdot m_2$) va ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir ($\sim \frac{1}{r^2}$), ya`ni



89-rasm



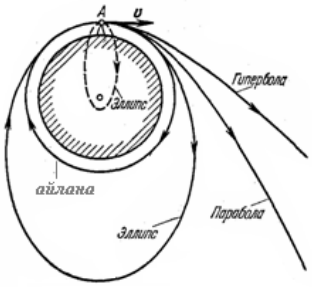
90-rasm



93-rasm

$$F = F_{12} = F_{21} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (50\text{-}1)$$

Buyerda γ - tortishishdoimiysiyokigravitasiondoimiydir.Uningfizikmanosi:



95-rasm

$\gamma = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$,ya`ni $m_1 = m_2 = 1\ кg$ vaorasidagimasofa $r = 1\ м$ bo'lgandagijismlarorasidagi tortishishkuchi,ya`ni $\gamma = F$ ekan.

Moddiynuqta deb hisoblabbo'lmaydiganjismlaruchun (ya`ni,jismo'lchami $D \sim r$) u jismlarningharbirkichikbo'lagi (zarrachasiga )ta`sirkuchlarinitopib, harbirjismlarningbarchabo'laklaribo'yichavektoryig'indisitopiladi, ya`ni

$$\vec{F} = \sum \Delta \vec{F}_i = \sum \gamma \frac{\Delta m_1 \Delta m_2}{r_i^3} \vec{r}_i .$$

Natijaviy tortishishnikuchlariharbirjismningmassalarinimarkazigaqo'yilganbo'ladi.

Masalan:birjinslisharlarbo'lsa, ularorasidagitortishishkuchlari (hisoblashlarshuniko'rsatadi) shusharlarningmarkazlarigaqo'yilganbo'ladi. (rasmga qarang)

Tortishish kuchlari tajribada birinchi marta 1798 yilda Kavendish tomonidan buralma tarozi vositasida o'lchanilgan. Kavendish tajribasining sxematik ko'rinishi quyidagicha.

Ikkita muvozanatda turgan m massali, har biri $158\,кг$ dan bo'lgan qo'rg'oshin sharlar tortishish natijasida metall simga osilgan m massali sharlar sistemasi α burchakka buriladi. Burilish burchagi α ko'zguga tushayotgan nur yo'nalishini o'lchash asosida aniqlanadi. Juft kuchlarining momentlari $M = 2F \cdot l$ ni burilish deformasiyasida (simda hosil bo'lgan) bo'ladigan kuch momenti $M = f\alpha$ ni hisoblash orqali aniqlanadi.

Buyerda simning burilish moduli f ni uning tebranish davrini o'lchagan holda topish mumkin:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{I}}{f}} = 2\pi\sqrt{\frac{ml^2}{2f}}$, buyerda $\mathrm{I} = \frac{ml^2}{2}$ - sistemasining inersiya momenti. Demak, f ni aniqlab, F ni o'lchab, tortishish kuchi ni hisoblash mumkin. F ni bo'lgan holda $\gamma = \frac{Fr^2}{mM}$ dan γ uning qiymati aniqlanadi, ya`ni $\gamma = 6{,}65 \cdot 10^{-11}\ H \cdot м^2/кg^2$ ekan. SGS sistemasida $\gamma = 6{,}65 \cdot 10^{-8}\ sм^2/g \cdot s^2$ yoki g^2 birliklarda o'lchanadi.

Kavendishdan keyin qator tajribalardan γ ning qiymati aniqlandi va Kavendish taklif qilgan γ ning kattaligi amalda tasdiqlanadi.

A) Tortishish doimiysi γ ni bilgan holda Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi g-ni va Yerning massasini aniqlash mumkin. Nyuton qonuniga binoan m massali jismning Yerga tortishish kuchi jismning og'irligiga teng, ya`ni

$$P = \gamma \frac{mM}{R^2} \text{ va } P = mg .$$

Bu tenglamalardan Erning massasi $M = \frac{gR^2}{\gamma}$. Agar $g = 9{,}81\ м/s^2$, Yer radiusi $R = 6{,}4 \cdot 10^6$ va γ ning qiymatiga qo'yib hisoblasa, $M = 6 \cdot 10^{24}\ кg$ ga teng ekan.

B) Nyuton «Butun olam tortishish» qonuniga binoan Oyning harakatini o'rganadi va uning markaziga tezalnishini aniqladi. $ma_n = \gamma \frac{mM}{r^2}$, buyerda m-Oyning massasi, M-Yerning massasi, r–Oy traektoriyasining radiusi. $a_n = \gamma \frac{M}{r^2}$; $\gamma = \frac{gR^2}{M}$ ekanligini hisobga olsak, $a_n = \frac{gR^2}{r^2}$ yoki $\frac{a_n}{g} = \frac{R^2}{r^2}$ ekan. Uning qiymati $a_n = g\left(R^2/r^2\right) \cong 0{,}273\ sм/s^2$ yoki $2{,}73 \cdot 10^{-3}\ м/s^2$

Inert massasi va tortishish» massasi

«Inert» massa- bu jismning inersiyasi yoki inertligidan aniqlanadigan jismning massasidir. Jismning «inert» - massasi Nyutonning II qonunidan foydalanib aniqlanadi, ya`ni $m_u = \frac{F}{a}$ yoki $m_г = \frac{F}{g}$. Butun olam tortishish qonuniga asoslanib aniqlangan jismning massasi «tortishish» yoki gravitasion massasi deyiladi. $P = F_T = \gamma \frac{m_г M}{R^2} = Km_г$ buyerda $K = \gamma \frac{M}{R^2} = g$ ga teng. Buni Nyuton, $K = g$ ekanligi tajribada tekshirib ko'rdi: Buning uchun $m_u \cdot g = K \cdot m_g$ va $g = K \frac{m_g}{m_i}$ ni matematik mayatnik yordamida tekshirib ko'rdi: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l \cdot m_g}{K \cdot m_i}}$.

Tebranish davri T jismning massasiga bog'liq emas, faqat $T \sim \sqrt{l}$ ekan, $\frac{m_g}{m_i} = const$ bo'lib, $k = g$ va $\frac{m_g}{m_i} = 1$ bo'lsa, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ qonuniyat bajarilar ekan.

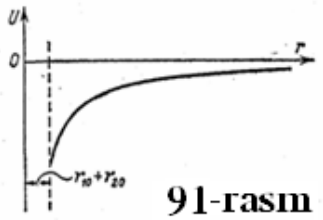
Demak, $m_i = m_g = m$ ekan, ya`ni $m_i = \frac{F}{a}$ dan $F = 1\,H$ va $a = 1\,м/s^2$ bo'lsa $m_i = 1\,кg$ uchun $P = P_{tort} = m_g g$ dan $m_g = \frac{P_{og'}}{g} = 1\,кg$ ekan. Matematik mayatnik uchun $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ekanligi va $m_g = m_i$ ekanligi Bessel tomonidan, keyinchalik Krilov tomonidan tekshirilib isbot qilingan.

Shunday qilib, jismning massasi undagi modda miqdorini hamda uning gravitasion va inertligini tavsiflaydigan skolyar fizik kattalik ekan.

Tortishishning potensial energiyasi

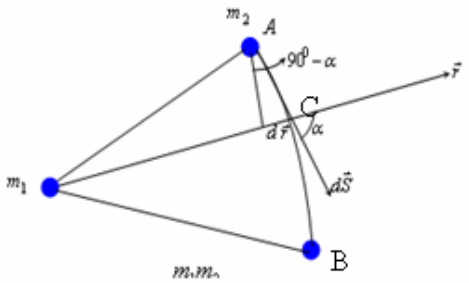
Jismlarning boshqa jismlar bilan yoki ularning o'zini ayrim qismlari orasidagi o'zaro ta`siri natijasida ega bo'lgan energiyasiga potensial energiya deyiladi.

Tortishish potensial energiyasining o'zgarishi tortishish kuchlarining bajargan ishining teskari ishorasida olingan qiymatiga teng ekanligini hisobga olamiz.



91-rasm

Tortishish kuchi $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$, vektor ko'rinishda $\vec{F} = \gamma \frac{m_1 m_2}{r_i^3} \vec{r}_i$ bo'lsa A nuqtadan S nuqtaga ko'chirilishida bajarilgan elementar ish $dA = -(\vec{F} \cdot d\vec{s}) = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^3} (\vec{r} d\vec{s})$, chunki



92-rasm

$ds \cdot \cos\alpha = dr$. $dA = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} dr$. A nuqtadan V nuqtaga ko'chirilishda bajarilgan ish r_1 va r_2 (nuqtalardagi) masofalardagi potensial energiyalar ayirmasiga teng, ya`ni

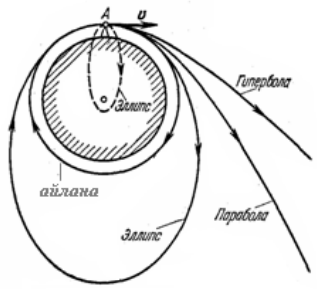
$$A = W_{n2} - W_{n1} = -\gamma \int_{r_1}^{r_2} \frac{m_1 m_2}{r^2} dr$$

Bundan $A = W_{n2} - W_{n1} = -\left(\gamma \frac{m_1 m_2}{r_2} - \gamma \frac{m_1 m_2}{r_1} \right)$

Demak, jismlarining o'zar tortishishi potensial energiyasi maksimumi- jismlarni cheksiz uzoqlashtirilganda, minimumi ular orasidagi masofani eng kichik bo'lganda, ya`ni $r = r_{10} + r_{20}$ bo'lganda $W_{n\min} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r_{10} + r_{20}}$ ga teng. Bir jinsli bo'lmagan sistemalar uchun ham potensial energiya shu prinsipda (tamoyilda) hisoblanadi.

Yer yo'ldoshi va kosmik snaryadlarning harakati

Yer yo'ldoshlari va kosmik snaryadlarning harakati Kepler qonunlariga bo'ysunadi. Yer atorofida harakat qilib yurgan Yer yo'ldoshlarining soni mingdan ortiq. Ana shularning harakat tezliklarini ko'rib chiqamiz.



95 -rasm

Yerdan h balandlikda υ tezlik bilan otilgan jism traektoriyasini ko'ramiz.

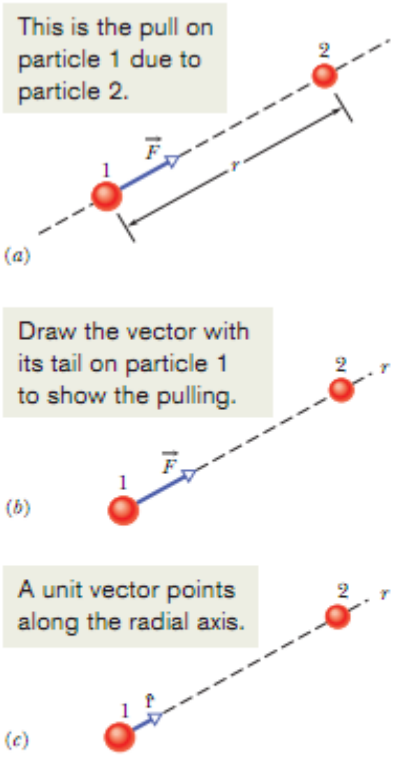


Figure 13-2 (*a*) The gravitational force $\vec{F}$ on particle 1 due to particle 2 is an attractive force because particle 1 is attracted to particle 2. (*b*) Force $\vec{F}$ is directed along a radial coordinate axis r extending from particle 1 through particle 2. (*c*) $\vec{F}$ is in the direction of a unit vector $\hat{r}$ along the r axis.

1) Agar $F_M = F_T$ ya`ni, $\frac{m\upsilon^2}{r} = \gamma \frac{Mm}{r^2}$ bo'lsa, $r = R + h$

$$\upsilon_n = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}} = \sqrt{\gamma \frac{M}{R+h}} \text{ gateng}$$

Kritiktezlik $\upsilon_{кр} = \sqrt{\gamma \frac{M}{R+h}} = \sqrt{g \frac{R^2}{R+h}} = R\sqrt{\frac{g}{R+h}}$

Agar $h << R$, ya`ni $h \approx 0$ bo'lsa,

$\upsilon_{кр} = \upsilon_1 = \sqrt{Rg} \approx 7{,}93\ km/s$ - birinchikosmiktezlikdeyiladi. Bu yerdaorbitaradiusiYerradiusigataxminanteng,orbita esaaylanadan iborat.

2) Agar $\upsilon_n > \upsilon_{kr}$, $W = \frac{m\upsilon^2}{2} - \gamma \frac{mM}{r} = 0$ vabundan

$\upsilon_{kr} = \sqrt{2\frac{\gamma M}{R+h}} = R\sqrt{\frac{2g}{R+h}} = \sqrt{2}\upsilon_к$ bo'lsaplaneta (snaryad) traektoriyasiellipsdaniboratbo'ladi. Agar $h << R$ bo'lsa, $\upsilon_{II} = \sqrt{2}\upsilon_1 \approx 11{,}2\ km/s$ bo'lib, ikkinchikosmiktezlikdeyiladi.

Agar h balandlikdansnaryadshu υ_{II} tezlikbilanotilsa u Yerningtortishishdoirasidanchiqibketib, Quyoshyo'ldoshibo'libqoladi.

Uchinchi kosmik tezlik harakatlangan snaryadlar quyosh sistemasini tashlab chiqib ketadi va uning tezligi $\upsilon_{III} = 16{,}7\ km/s$ ga teng.

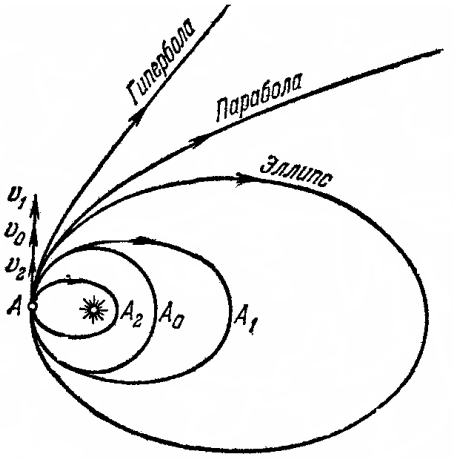
Koinot mexanikasining asosiy qonunlari

Koinot qonunlari Nyutonning mexanikasidagi asosiy 4 ta qonunlardan kelib chiqadigan mahsuldir. Lekin Nyuton qonunlari kashfiyotigacha, Kepler- Tixo Bragening kuzatishlariga asoslanib, planetalarning Quyosh atrofidagi harakatining qo'yidagi qonunlari-Kepler qonunlarini kashf etdi:

1. Barcha planetalarning orbitalari elipisdan iborat bo'lib, ularning fokuslardagi birida Quyosh yotadi.

2. Planetalar harakati shunday sodir bo'ladiki, Quyosh markazidan planetaga o'tkazilgan radius-vektor teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi.

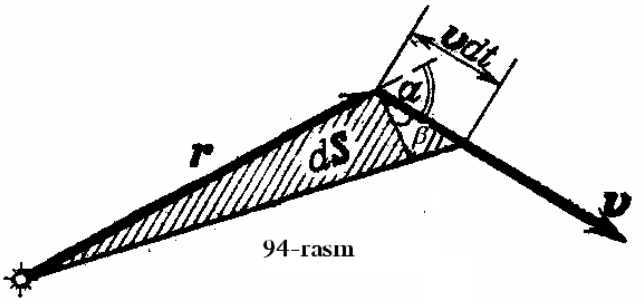
3. Planetalarning Quyosh atrofidagi aylanish davrlarining kvadratlari nisbati, orbita ellipslari katta o'qlarining kublarini nisbatiga teng:



93-rasm

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

Keplerning birinchi qonuni jismning markaziy kuch maydonidagi harakatini tahlil qilishdan kelib chiqadi va uning traektoriyasini aniqlanadi. Harakat traektoriyasi (bitta) tekislikda yotadi. Faraz qilaylik, planeta traektoriyasi aylanadan iborat bo'lsin. U holda unga ta`sir etuvchi kuchlar $\frac{m\upsilon_0^2}{R} = \gamma\frac{mM}{R^2}$ va bundan $\upsilon_0 = \sqrt{\gamma\frac{M}{R}}$; Er uchun



94-rasm

$$\upsilon_1 = \sqrt{\gamma\frac{M_{Yer}}{R_{Yer}}} = \sqrt{gR_{ep}} \approx 7{,}93\ km/s,$$ ya`ni 1-kosmik tezlik kelib chiqadi.

Demak, orbita bo'yicha planetaning orbita bo'ylab tezligi va orbita radiusi R bir-biri bilan bog'langan bo'lib, planeta massasiga bog'liq

Murakkab nazariy hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, orbita shakli planetaning boshlang'ich tezligi υ_0 ga bog'liq ekan.

Agar tezligi υ_0 ga teng bo'lsa, traektoriya aylanadan iborat, agar tezligi $\upsilon < \upsilon_0$

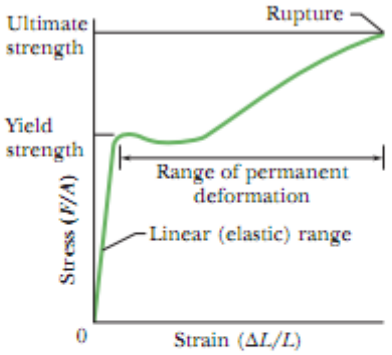


Figure 12-13 A stress–strain curve for a steel test specimen such as that of Fig. 12-12. The specimen deforms permanently when the stress is equal to the *yield strength* of the specimen's material. It ruptures when the stress is equal to the *ultimate strength* of the material.

bo'lsa, traektoriya ellipsdagi iborat bo'lib, Quyosh ellipsning uzoqdagi fokusida joylashadi;

Agar tezligi $\upsilon > \upsilon_0$ bo'lsa traektoriya ellipsdan iborat bo'lib, Quyosh uning yaqin fokusida yotadi.

1. Agar $W < 0$ bo'lsa $\upsilon_0 < \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}}$ ni traektoriya ellipsdan iborat. Isboti:

$$W = W_k + W_n = \frac{m\upsilon^2}{2} - \gamma\frac{mM}{R};$$

Agar $\frac{m\upsilon^2}{2} = \gamma\frac{mM}{R^2}$ dan $m\upsilon^2 = \gamma\frac{mM}{R}$ va $W = -\gamma\frac{mM}{2R} < 0$

2. Agar $W = 0$ bo'lsa,

$\upsilon_n = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}}$ vatraektoriyaparaboladaniboratbo'ladi. $W = W_k - W_n = \frac{m\upsilon^2}{2} - \gamma\frac{mM}{R} = 0$.

Bundan $\upsilon_n = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}} = \upsilon_{II}$ - ikkinchi kosmik tezlik kelib chiqadi.

3. Agar $W > 0$ bo'lsa,ya`ni $W_k > W_n$ bo'lsa,

$\upsilon_г > \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}}$ vaharakattraektoriyasigiperboladaniboratbo'ladi.

Bundaplanetaavvalgiboshlang'ichnuqtasigahechqachonqaytibkelmaydi.

Keplerningikkinchiqonuniimpulsmomentiningsaqlanishqonuninatijasidir.

Quyoshatrofidaharakatqilayotganplanetagadoimiy $F = \gamma\frac{mM}{r^2}$ gatengtortishkuchita`si rqilibturadi.

Shusababliquyoshningmarkaziganisabatanplanetaningimpulsmomentidoimiydir,ya`ni $[\vec{r}\cdot m\vec{\upsilon}] = const$ yoki $[\vec{r}\cdot\vec{\upsilon}] = const$

Radius-vektor $\vec{r}\ dt$ vaqt ichida chizib o'tgan yuza $ds = \frac{1}{2}r\cdot\upsilon\cdot dt\cdot\cos\beta$ (rasmga qarang);

$\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$ va $\frac{ds}{dt} = \frac{1}{2}r\cdot\upsilon\cdot\sin\alpha = const$ yoki $\frac{\Delta s}{\Delta t} = const$. Bundan $\frac{1}{2}[\vec{r}\cdot\vec{\upsilon}] = const$

Demak, radius vektor r ning vaqt birligida o'tuvchi yuzasi doimiy kattalik ekan. Bundan hulosa shuki, planeta orbita fokusi yaqinida katta tezlik bilan, fokusdan olisda kichik tezlik bilan harakat qiladilar.

Keplerning III- qonunini planetalarning orbitalari aylanadan kam farq qiladi deb oson isbotlash mumkin. Bunda $F_M = F_T$, ya`ni $\frac{m\upsilon_1^2}{r_1} = \gamma\frac{mM}{r_1^2}$, $\upsilon_1^2 = \gamma\frac{M}{r_1}$, $\upsilon_1^2 = \frac{4\pi^2 r_1^2}{T_1^2}$,

$$\upsilon_1 = \frac{2\pi r_1}{T_1},\ \upsilon_1 = \omega r_1$$

Shu sababli $\frac{4\pi^2 r_1^2}{T_1^2} = \frac{\gamma M}{r_1}$, $\upsilon_1^2 = \gamma\frac{M}{r_1} = \frac{4\pi^2 r_1^2}{T_1^2}$

Bundan $\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2} = const$ Xuddi shu tariqa ikkinchi planeta uchun $\frac{r_2^3}{T_2^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2}$. Oxirgi formulalardan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$. Shunday qilib, Keplerning III - qonunini isbot qildik.

Nazorat savollar

1. Butun olam tortishish qonuni.
2. Tortishishpotentsialenergiyasi.
3. Butun olam tortishish qonuni.
4. Osmon mexanikasining qonunlari.
5. Kepler qonunlarining isboti.

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.

19– ma'ruza. Moddaning agregat holatlari. Suyuqlikning stasionar oqishi. Ideal suyuqlik zarrasi uchun dinamikaning asosiy qonuni. Bernulli tenglamasi.

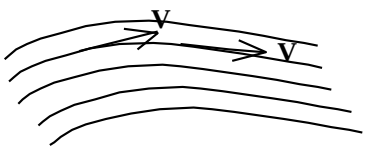
Reja:

1. **Suyuqlik va gazlarning umumiy xossalari.**
2. **Suyuqlik harakatining kinematik tavsiflash.**
3. **Bernulli tenglamasi va uni qo'llanilishi.**

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.

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



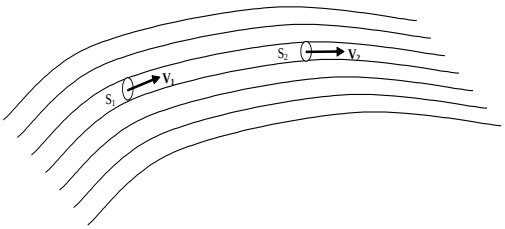
11.1 - rasm

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.*

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.

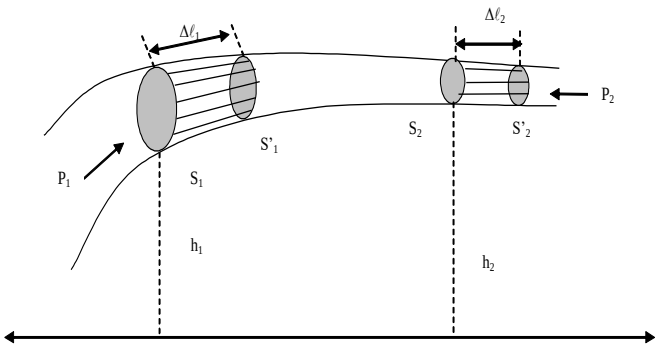
Demak, *siqilmas suyuqlik uchun oqim nayi ko‘ndalang kesimining yuzini shu kesimdan o‘tayotgan suyuqlikning oqim tezligiga ko‘paytmasi mazkur oqim nayi uchun doimiy kattalikdir.*

$$S \cdot \vartheta = \text{const} \qquad (11.2')$$

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.

3. 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 $m/\Delta V = \rho$ suyuqlik zichligi ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama yangi ko‘rinishdagi quyidagi

$$\frac{\rho\vartheta_1^2}{2} + \rho\,g\,h_1 + P_1 = \frac{\rho\vartheta_2^2}{2} + \rho\,g\,h_2 + P_2 \qquad (11.6)$$

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*

$$\frac{\rho\vartheta^2}{2} + \rho\,g\,h + p = const \qquad (11.7)$$

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

$$p = const - \frac{\rho\vartheta^2}{2} - \rho\,g\,h \qquad (11.8)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Agar mazkur ifodada $\vartheta = 0$, $h = 0$ 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

$$[P] = \left[\frac{F}{S}\right] = \left[\frac{H}{м^2}\right] = Па$$

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.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.

20-21-ma’ruza. Suyuqlik yoki gaz oqimining jismga ta’siri. Reynold soni. Torrichelli formulasi. Magnus effekti. Ko’tarish kuchi.

Reja:

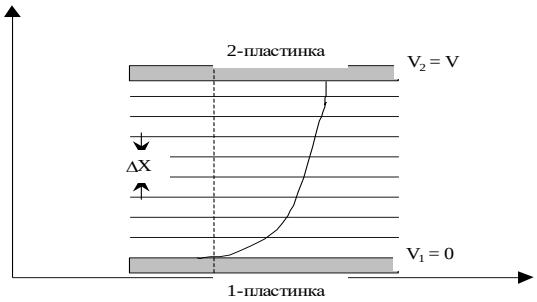
1. **Yopishqoqlik koeffitsienti. Suyuqlikni quvrdagi oqimi. Puazeyl formulasi.**
2. **Suyuqlik yoki gaz oqimining jismga ta’siri. Stoks formulasi. Reynold soni.**
3. **Torrichelli formulasi.**
4. **Magnus effekti.**
5. **Ko’tarish kuchi.**

Tayanch so‘zlar va iboralar: 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, Torrichelli formulasi, Magnus effekti, Ko’tarish kuchi.

1. Yopishqoqlik koeffitsienti. Suyuqlikni quvrdagi oqimi. Puazeyl formulasi.

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

$$\eta = \frac{F}{S\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x}} \qquad (11.10)$$

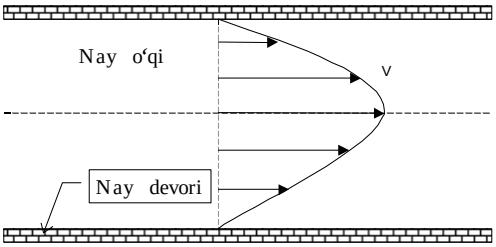
munosabatdan foydalanib aniqlaymiz: yopishqoqlikning xalqaro birliklar tizimi «SI» dagi birligi sifatida shunday suyuqlikning yopishqoqligi qabul qilinishi kerakki, tezlik gradienti $\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x} = 1c^{-1}$ bo‘lgan holda mazkur suyuqlikning ikki bir-biriga tegib turgan qatlami orasidagi 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 .

2. Stoks formulasi. Gidrodinamik betayinlik.Turbulentlik.

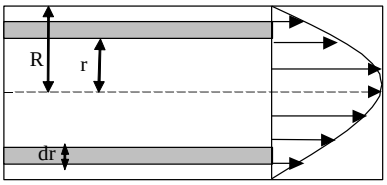
Suyuqlik oqishining turlari haqida fikr yuritaylik. Buning uchun yana bir marta suyuqlikning qatlamsimon oqishi qanday vujudga kelishi bilan tanishaylik.



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



11.6-rasm

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 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 ν= η /ρ 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 Re < 2300, turbulent oqim namoyon bo‘lishi uchun esa 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

$$\delta = \frac{\ell}{\sqrt{\mathrm{Re}}} \qquad (11.16)$$

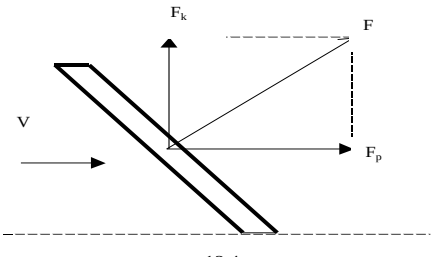
ifoda yordamida aniqlanishi mumkin.

(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*

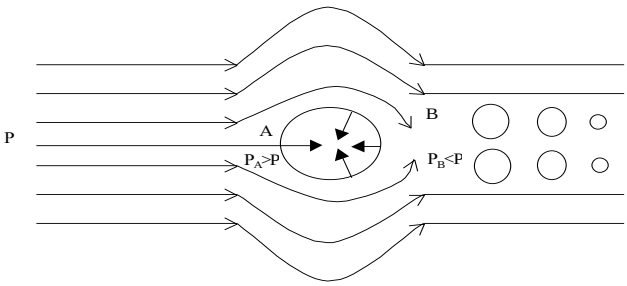
$$F_{ishq} = 6\pi\eta\vartheta r \qquad (11.18)$$

ifoda bilan aniqlanadi. (11.11) ni Stoks ((1819 - 1903) ingliz fizik olimi) formulasi deb ataladi.

Oqish tezligining ancha katta qiymatlarida, masalan, Re ≥ 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.Yopishqoqlik kuchi qanday sodir bo‘ladi?
2.Yopishqoqlik koeffitsientiga taorif bering.
3.Nyuton formulasini tushuntirib bering.
4.Kinematik yopishqoqlik nimani ifodalaydi?
5.Reaktsiya kuchlari qanday hosil bo‘ladi?
6.Samolyot nima sababdan havoga ko‘tariladi?
7.Reynolds sonining fizik ma’nosini tushuntiring.

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.

22-23-24-ma’ruza. Davriy jarayonlar. Garmonik tebranma harakat, uning parametrlari. Amplituda, chastota, tebranishlar davri tushunchalari. Matematik mayatnik va uning kinematikasi, dinamikasi. Matematik mayatnik qonunlari. Fizik mayatniklar, turlari, ularning harakat tenglamalari. Prujinali mayatnik , uning harakat tenglamasi, tebranish qonuniyatlari. Xususiy tebranishlarda energiyaning o’zgarishi va uning grafigi.

Reja:

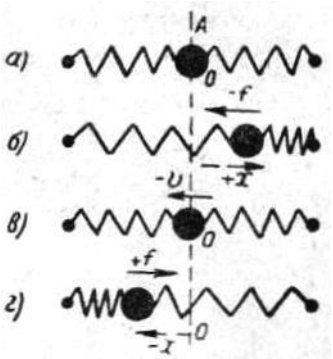
1. **Garmonik tebranish.**
2. **Garmonik tebranma harakatning tezligi va tezlanishi.**
3. **Mayatniklar**
4. **Garmonik tebranma harakatning energiyasi.**
5. **Xususiy tebranishlarda energiyaning o’zgarishi va uning grafigi.**

Tayanch so’z va iboralar

Tebranma harakat, garmonik tebranish, tebranish davri, amplituda, faza, siljish, chastota, matimatik mayatnik, fizik mayatnik, tezlik, tezlsnish, energiya.

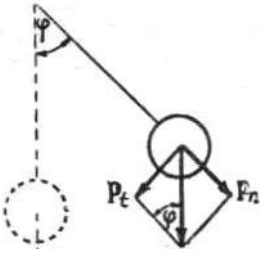
Yuqorida aytib o’tilgan ediki, Guk qonuniga bo’ysunuvchi elastik deformatsiyalar vaqtida deformatsiyaga proportsional bo’lgan va muvozanat vaziyat tomoniga yo’nalgan kuch vujudga keladi. Shunday kuch ta’sirida yuz berayotgan harakatning xarakterini tekshiramiz.

Biror A yuk ikki prujina orasiga siqib qo’yilgan, deb faraz qilaylik. Har ikki prujina baravar miqdorda cho’zilgan va O nuqtada muvozanatda turadi (241a-rasm). Yukni muvozanat vaziyatdan o’ng tomonga (241b-rasm) +x kesmaga suramiz (chapdan o’ngga qarab yo’nalgan kesmalarni musbat deb hisoblaymiz). U holda o’ngdagi prujina siqilib, chapdagi prujina cho’ziladi va yukka — f kuch ta’sir qiladi. Bu kuch muvozanat vaziyat O ga qarab yo’nalgan va siljish x qancha katta bo’lsa, bu kuchning son qiymati shuncha katta bo’ladi. Bu kuchning ta’sirida A yuk o’sib boruvchi tezlik bilan muvozanat vaziyatga qarab harakat qila boshlaydi. U qaytib muvozanat vaziyatga kelganda (241v-rasm), kuch nolga teng, lekin yukning zapas tezligi — υ ga teng bo’ladi. Shuning uchun u muvozanat vaziyatdan o’tib ketadi va harakatini chap tomonga davom ettiradi. Buning natijasida chapdagi prujina siqiladi. O’ngdagi prujina cho’ziladi va yukka muvozanat vaziyatga qarab o’ng tomonga yo’nalgan + f kuch ta’sir qila boshlaydi. Bu kuch to yuk to’xtaguncha yuk harakatini sekinlashtira boradi. So’ng yuk yana muvozanat vaziyatga tomon harakatlana boshlaydi. Shunday qilib, A yukning muvozanat holat atrofidagi tebranma harakati vujudga keladi.



241-rasm. Ikki prujina orasiga qisilgan A yukning O muvozanat holat atrofida tebranishi

Tebranma harakatning boshqa bir misoli sifatida bir tekislikda tebranuvchi mayatnikning harakatini ko’rsatish mumkip (242-rasm). Mayatnikning ipi vertikal bo’lganda, mayatnikning yukiga ta’sir qiluvchi og’irlik kuchi P ipning



242-rasm. Mayatnikning tebranishi

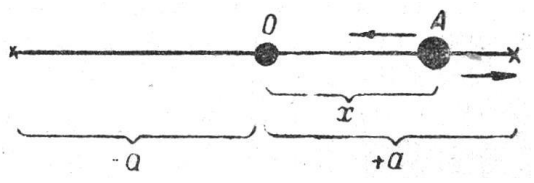
taranglik kuchi bilan muvozanatlashadi. Ammo, agar mayatnik muvozanat vaziyatdan biror φ burchakka og'dirilsa, og'irlik kuchi P ning faqat bir qismigina (ipga parallel bo'lgan P_n qismigina) ipning reaktsiyasi bilan muvozanatlashadi, Og'irlik kuchining ipga tik bo'lgan P_t qismi muvozanatlashmay qoladi. Og'irlik kuchining bu tashkil etuvchisi $P\sin\varphi$ ga teng bo'lib, mayatnikning muvozanat vaziyatiga qarab yo'nalgandir. Agar φ burchak kichik bo'lsa, sinusni burchakning o'zi bilan almashtirish mumkin, u holda P_t taqriban $P\varphi$ ga teng bo'ladi. Bu yerda mayatnik yukining muvozanat vaziyatdan chetlanishi φ burchak bilan aniqlanadi. φ burchak kichik bo'lganda, mayatnikning yukini muvozanat vaziyatga qaytaruvchi kuch φ burchakka proporiional bo'ladi.

Mana shu kuchning ta'sirida mayatnik muvozanat vaziyat atrofida tebrana boshlaydi. Bu holda harakatga elastik kuch emas, balki og'irlik kuchining P_t tashkil etuvchisi sababchi bo'ladi. Bu P_t kuch mayatnikning muvozanat vaziyatdan og'ishiga proportsional bo'lib (φ burchak kichik bo'lganda), muvozanat vaziyat tomoniga yo'nalgan bo'ladi. Shunday qilib, bu kuchning xarakteri elastik kuchning xarakteriga o'xshaydi. Bu kuch vujudga keltiradigan tebranishlarning xarakteri φ burchak kichik bo'lganda, elastik kuch vujudga keltiradigan tebranishlarning xarakteriga o'xshaydi.

Tabiati jixatidan elastik bo'lmagan, lekin siljishga bog'lanishi jihatidan elastik kuchlarga o'xshaydigan kuchlar kvazielastik kuchlar deyiladi.

Yuqorida keltirilgan misollardan ko'rinadiki, elastik yoki kvazielastik kuchning ta'siri tebranma harakatni vujudga keltiradi. Tebranish protsessini yanada mukammalroq tekshiramiz. m massali moddiy nuqtaning o'rnini uning muvozanat vaziyatdan siljishi x bilan aniqlaymiz; muvozanat vaziyatda x=0. Siljishga, ya'ni x ga proportsional bo'lishlik va muvozanat vaziyatga qarab yo'nalganlik elastik (yoki kvazielastik) f kuch uchun xarakterlidir; demak, ularni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$f = -kx \qquad (1)$$



243-rasm. Tebranuvchi nuqtaning muvozanat holatdan siljishi

Kuchning siljish x yo'nalishiga aks yo'nalganligini minus ishora ko'rsatadi: masalan, siljish yuqoriga bo'lganda, kuch pastga tomon ta'sir qiladi, siljish pastga bo'lganda, kuch yuqoriga tomon ta'sir qiladi va hokazo. k koeffitsient - musbat. N'yutonning ikkinchi qonuniga asosan:

$$m\omega = f = -kx \qquad (2)$$

bunda ω — moddiy nuqtaning tezlanishi.

ω tezlanish siljishdan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng, ya'ni $\omega = \frac{d^2x}{dt^2}$; vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilani, hosilasi olinayotgan kattalikning ustiga qo'yilgan ikkita nuqta bilan belgilaymiz, u holda $\omega = \ddot{x}$. Bu ifodani (2) ga qo'ysak:

$$m\ddot{x} = -kx \qquad (3)$$

yoki

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x \qquad (3a)$$

Bu yerdagi k va m ikkalasi ham musbat bo'lgani uchun, ularning nisbatini biror ω kattalikning kvadratiga tenglash mumkin, ya'ni uni quyidagicha belgilab olish mumkin;

$$\frac{k}{m} = \omega^2. \qquad (4)$$

Bu ω kattalik, keyinchalik ko'rsatiladigan sabablarga asosan, tebranishning doiraviy (yoki tsiklik) chastotasi deyiladi. U holda (3a) tenglamani

$$\ddot{x} = -\omega^2 x \qquad (5)$$

ko'rinishida yozish mumkin. Endi bizning vazifamiz moddiy nuqtaning, tezlanish nuqtaning muvozanat vaziyatdan og'ishi x ga (5) formula bo'yicha proportsional bo'lishi va muvozanat vaziyatga tomon yo'nalganligi ma'lum bo'lgandagi harakatini aniqlashdan iborat. Nuqtaning o'rni vaqtning funktsiyasi sifatida ma'lum bo'lsa, nuqtaning harakati aniqlangan bo'ladi; bu holda siljish x ni vaqt t ning funktsiyasi shaklida ifodalash kerak. Demak, x va t orasida shunday bog'lanish topishimiz kerakki, u (5) tenglikni qanoatlantirsin. Bu bog'lanishning

$$x = \alpha\cos(\omega t + \alpha) \qquad (6)$$

tenglama bilan ifodalanishini tekshirib ko'rish qiyin emas, bunda α va α - ixtiyoriy o'zgarmas sonlar, ular boshlang'ich shartlardan aniqlanishi mumkin. Haqiqatan ham, x dan vaqt bo'yicha ikkinchi tartibli hosilani olib, x ning bu qiymati (5) tenglamani ayniyatga aylantirishini ko'ramiz. Ko'paytuvchi α-tebranish amplitudasi deyiladi, argument $\omega t + \alpha$ - tebranish fazasi deyiladi, o'zgarmas son α — boshlang'ich faza deyiladi. (6) formula o'rniga

$$x = \alpha\sin(\omega t + \alpha) \qquad (7)$$

formulani olishga ham haqimiz bor edi, lekin bunda o'zgarmas son α ning har bir xususiy hol uchun aniqlangan qiymati (6) formula bo'yicha aniqlanadigan qiymatidan boshqacha bo'lar edi. O'zgarmas α ning bu boshqa qiymati uchun (7) formuladagi sinusning har bir paytdagi son qiymati (6) formuladagi kosinusning son qiymatiga teng bo'lar edi, ya'ni (6) va (7) formulalar bilan ifodalanuvchi harakatlar aynan birday bo'lar edi.

(6) yoki (7) tenglamalar garmonik tebranma harakatning tenglamalari deyiladi; ularni tekshirishga o'taylik.

Garmonik tebranma harakatning asosiy xossasi uning davriyligidir. Soddalik uchun boshlang'ich faza α=0 deb olamiz, u holda:

$$x = \alpha\cos\omega t. \qquad (6a)$$

t=0 bo'lganda, $\cos\omega t = +1$ bo'ladi, bundan x=+α. Siljishning musbat qiymatlarini muvozanat vaziyatdan o'ngga qarab, manfiy qiymatlarini chapga qarab o'lchaymiz, deb kelishib olaylik (243-rasm). U holda garmonik tebranma harakat qiluvchi A moddiy nuqta t=0 paytda muvozanat vaziyatdan o'ng tomonga α kesmaga siljigan bo'ladi. Bu nuqtaning o'ng tomonga mumkin bo'lgan eng katta siljishidir, chunki $\cos\omega t$ ning qiymati +1 dan katta bo'la olmaydi. Vaqt t o'sa borgan sari $\cos\omega t$ ning qiymati kamaya

boradi, nuqta muvozanat vaziyat 0 ga qarab chap tomonga siljiydi. $\omega t = \frac{\pi}{2}$ tenglikdan aniqlanadigan vaqtda, ya'ni $t = \frac{\pi}{2\omega}$ bo'lganda, nuqta muvozanat vaziyat 0 da bo'ladi. Vaqtning keyingi o'sishi natijasida kosinus manfiy qiymatlarga ega bo'ladi. A nuqta muvozanat vaziyatdan chapga siljiydi. Vaqt $t = \frac{\pi}{\omega}$ bo'lganda kosinus - 1 qiymatga ega bo'ladi, butdan $x = -\alpha$, ya'ni nuqta chap tomondagi eng chetki vaziyatga borib yetgan bo'ladi. So'ng nuqta o'ng tomonga harakatlana boshlaydi muvozanat holati 0 dan ikkincha marta o'tadi va $t = T = \frac{2\pi}{\omega}$ bo'lgan paytda o'ng tomondagi eng chetki vaziyatga yana yetib keladi. Shundan so'ng hamma harakat qaytarila boshlaydi. Shunday qilib, nuqta dastlabki harakat holatiga

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (8)$$

vaqtdan so'ng qaytib keladi; bu T vaqt tebranishlar davri bo'ladi. Tebranuvchi A jism davr T ga teng vaqtda o'z yo'lidagi (eng katta chetlanishlarga mos keluvchi $x = \pm\alpha$ nuqtalardan tashqari) har bir nuqtadan ikki marta o'tadi: bir marta - ma'lum bir tomonga harakatlanganda, ikkinchi marta - unga qarama-qarshi tomonga harakatlanganda.

$\omega = \frac{2\pi}{\omega}$ kattalik 2π vaqt ichidagi tebranishlar sonidir. Amplituda deb ataladigan α kattalik tebranuvchi nuqtaning muvozanat vaziyatdan mumkin bo'lgan eng katta siljishini ko'rsatadi.

$\alpha \neq 0$ bo'lganda, vaqtning boshlang'ich t=0 paytida A nuqta $x = \alpha\cos\alpha$ bilan aniqlanadigan joyda bo'ladi. Harakatning T davr davomidagi butun xarakterini mana shu nuqtadan boshlab kuzatish ham mumkin. Demak, boshlang'ich faza α tebranuvchi nuqtaning t=0 boshlang'ich paytdagi o'rnini aniqlar ekan.

Tsiklik chastota ω o'rniga, birlik vaqt ichidagi tebranishlar sonini ko'rsatuvchi odatdagi $v = -\frac{1}{T}$ chastotani ham kiritish mumkin. Uch kattalik ω, v va T ni taqqoslab, ular orasida

$$\omega = 2\pi v = \frac{2\pi}{T} \qquad (9)$$

munosabat bor ekanligini aniqlaymiz.

ω ning bu qiymatlarini (6) ga qo'yib, garmonik tebranma harakagning yana ikkita quyidagi ifodasiga ega bo'lamiz:

$$x = \alpha\cos(2\pi vt + \alpha), \qquad (6b)$$

$$x = \alpha\cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \alpha\right). \qquad (6v)$$

(4) formuladan va $T = \frac{2\pi}{\omega}$ munosabatdan foydalanib, davr uchun:

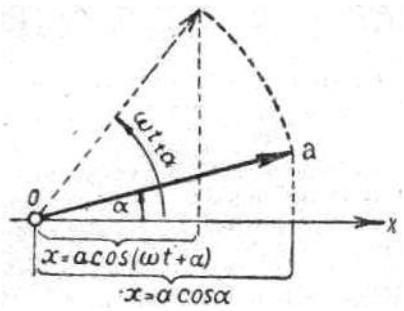
$$T = -2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad (10)$$

ifodani hosnl qilamiz.

Shunday qilib, biz ko'ramizki, tebranishlar davri masalaning faqat dinamik xarakteristikalariga: m massaga va k koeffitsiyentga bog'liq bo'ladi.

Tebranma harakat bilan bog'liq bo'lgan ko'pchilik tatbiqiy masalalarda tebranishni amplituda vektori yordamida geometrik tasvirlash usuli qulaydir.

Bu usul quyidagidan iboratdir. Bir o'q olib, uni X deb ataymiz (244-rasm) va unda ixtiyoriy O nuqtani tanlab olamiz. Bu nuqtadan biror masshtabda son jihatdan α amplitudaga teng bo'lgan vektorni boshlang'ich faza α ga teng bo'lgan burchak ostida chizamiz. Shakldan ko'rinishicha, α vektorning X o'qiga proyeksiyasi o'sha masshtabda nuqtaning boshlang'ich siljijishi $x = -\alpha\cos\alpha$ ni beradi. Amplituda vektorini ω burchak tezlik bilan soat strelkasining aylanishiga qarama-qarshi yo'nalishda aylantiramiz. U holda biror t vaqtda amplituda vektori X o'qi bilan $\omega t + \alpha$ ga teng burchak tashkil qiladi va uning X o'qidagi proyektsiyasi



Garmonik tebranma harakatni o'zgarmas burchak tezlik bilan aylantiruvchi *a* vektorning proyeksiya sifatida tasvirlash

$$x = \alpha\cos(\omega t + \alpha)$$

bo'ladi, ya'ni tebranuvchi nuqtaning t paytdagi siljishini beradi. Bundan biz, garmonik tebranma harakat, biror o'qning ixtiyoriy nuqtasidan boshlang'ich fazaga teng burchak ostida chizilgan va nuqta atrofida ω burchak tezlik bilan aylanuvchi amplituda vektori uchining shu o'qdagi proyektsiyasi bajaradigan harakat bilan tasvirlanadi degan xulosaga kelamiz. ω ning doiraviy chastota deb atalishining sababi shu mulohazalardan ko'rinib turibdi.

2. Garmonik tebranma harakatning tezligi va tezlanishi.

Misollar. Garmonik tebranma harakat qiluvchi A moddiy nuqtaning siljishi x, (6) formula bo'yicha, quyidagicha ifodalanadi:

$$x = \alpha\cos(\omega t + \alpha), \qquad (1)$$

bunda α— tebranish amplitudasi. ω— doiraviy chastota va α— boshlang'ich faza. Nuqtaning υ tezligi, son jihatdan, siljish x dan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng, ya'ni $\upsilon = \frac{dx}{dt}$. Vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilani hosilasi olinayotgan kattalikni ifodalovchi harfning yuqorisiga nuqta qo'yish bilan belgilaymiz. U holda, differentsiallashni bajarib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\upsilon = \dot{x} = -\alpha\omega\sin(\omega t + \alpha). \qquad (2)$$

Tezlikdan vaqt bo'yicha hosila olib, nuqtaning tezlanishini topamiz:

$$\omega = \frac{d\upsilon}{dt} = \ddot{x} = -\alpha\omega^2\cos(\omega t + \alpha). \qquad (3)$$

(2) va (3) formulalardagi ω o'rniga $T=\frac{2\pi}{\omega}$ davrni qo'yamiz:

$$\upsilon=-\frac{2\pi}{T}\alpha\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\alpha\right), \qquad (2a)$$

$$\omega=-\frac{4\pi^2}{T^2}\alpha\cos\left(\frac{2\pi}{T}t+\alpha\right). \qquad (3a)$$

Oxirgi tenglik, (1) formulaga asosan, yana quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\omega=-\frac{4\pi^2}{T^2}x,$$

bu yerdan yana garmonik tebranma harakatda tezlanish siljish x ga proportsional bo'lib, muvozanat vaziyatga qarab yo'nalgan bo'ladi, degan xulosani chiqaramiz.

(2a) va (3a) formulalarlan ko'rinadiki, garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning tezligi va tezlanishi vaqtning, siljish x ning T davri bilan birday davrga ega bo'lgan davriy funksiyalardir; tezlik va tezlanishning bir tebranish vaqti ichidagi o'zgarishini kuzatamiz. Buning uchun υ va ω ning turli vaqt paytlaridagi qiymatlarini siljish x ning ham o'sha vaqt paytlaridagi qiymatlari bilan taqqoslab jadval tuzamiz.

XIX jadval

Garmonik tebranma harakatda turli vaqt paytlari uchun x, υ va ω ning qiymatlari

t	x	υ	ω
0	$+\alpha$	0	$-\frac{4\pi^2}{T^2}\alpha$
$\frac{1}{4}T$	0	$-\frac{2\pi}{T}\alpha$	0
$\frac{1}{2}T$	$-\alpha$	0	$+\frac{4\pi^2}{T^2}\alpha$
$\frac{3}{4}T$	0	$+\frac{2\pi}{T}\alpha$	0
T	$+\alpha$	0	$-\frac{4\pi^2}{T^2}\alpha$

Soddalik uchun, boshlang'ich faza α ni nolga teng deb olamiz.

Jadvaldan ko'rinadiki, tebranuvchi A nuqta muvozanat vaziyatdan o'tayotganda tezlik absolyut maksimal $|\upsilon|_{\max}=\frac{2\pi}{T}\alpha|$ qiymatga ega bo'ladi; nuqta eng ko'p chetlangan $x=\pm\alpha$ joylarda tezlik nolga teng. Tezlanish, aksincha, muvozanat vaziyatdan o'tishda nolga teng (bu paytda kuch nolga teng bo'ladi) va eng ko'p chetlanish joylarida $|\omega|_{\max}=\frac{4\pi^2}{T^2}\alpha$ maksimal absolyut qiymatiga ega bo'ladi. Tezlanish hamma vaqt muvozanat vaziyatga qarab yo'nalgan bo'ladi.

Yuqorida aytilganidek, tebranish amplitudasi va boshlang'ich faza boshlang'ich shartlardan aniqlanadi. Zarraning t=0 boshlang'ich vaqtdagi tezligi υ_0 va siljishi x_0

ma'lum deb faraz qilaylik. Bu shartlarni e'tiborga olib, (1) va (2) ifodalarga t=0 ni qo'ysak:

$$x_0 = \alpha\cos\alpha\,, \quad \upsilon_0 = -\alpha\omega\sin\alpha \qquad (4)$$

yoki

$$\frac{\upsilon_0}{\omega} = -\alpha\sin\alpha\,. \qquad (5)$$

(4) va (5) ifodalarni kvadratga oshirib, so'ng hadlab qo'shamiz:

$$x_0^2 + \frac{\upsilon_0^2}{\omega^2} = \alpha^2\,,$$

bundan:

$$\alpha = \sqrt{x_0^2 + \frac{\upsilon_0^2}{\omega^2}}\,. \qquad (6)$$

(5) ifodani $x_0 = \alpha\cos\alpha$ ga hadlab, quyidagini topamiz

$$tg\,\alpha = -\frac{\upsilon_0}{\omega x_0}\,. \qquad (7)$$

(6) va (7) ifodalar amplptuda α ning va boshlang'ich fazaaning boshlang'ich siljish x_0 va boshlang'ich tezlik υ_0 orqali aniqlangan qiymatlarini beradi. Shunday qilib, biz ko'rdikki, ma'lum massali nuqta ma'lum bir elastik kuchning ta'siri ostida bo'lganda, boshlang'ich shartlarga qarab, turli amplituda va turli boshlang'ich fazaga ega bo'lgan tebranishlarni bajara oladi. Uning davri esa hamma hollar uchun birday qolaveradi.

Agar prujinaga osilgan yuk muvozanat vaziyatdan chiqarilsa, u amplitudasi prujinaning dastlab qancha cho'zilganiga va yukka qanday boshlang'ich tezlik berilganiga bog'liq bo'lgan tebranishlarni bajara boshlaydi; tebranish davri amplitudaga bog'liq bo'lmagan holda, faqat yukning massasi m va prujinaning "mahkamligi" k bilan aniqlanadi.

Keltirilgan mulohazalardan ko'rinadiki, boshlangich faza boshlang'ich paytning tanlanishiga bog'liq: masalan, boshlang'ich payt uchun nuqtaning siljishi $x_0 = +\alpha$ bo'lgandagi paytni olish mumkin, u holda (6) ga ko'ra $\upsilon_0 = 0$ bo'lishi kerak va (7) formulaga ko'ra boshlang'ich faza ham nolga teng: α=0.

Yechilishi. Prujinaga ta'sir qiluvchi 3 kg kuchni shu kuch vujudga keltiradigan siljishga bo'lsak, prujinaning elastiklik koeffitsiyenti chiqadi:

$$k = \frac{3}{9}kg/sm = \frac{1}{3}kg/sm\,,$$

endi § 97 dagi (10) formula bo'yicha aniqlaymiz:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{P}{gk}} = 2\pi\sqrt{\frac{2{,}5\bullet 3}{981}}sek = 0{,}55\,sek\,.$$

2-misol. *l* uzunlikdagi matematik mayatnikning tebranishlar davri aniqlansin.

Matematik mayatnik deb, masalaning shartlarida ishning og'irligini nazarga olmaslik mumkin bo'lgan mayatnikka aytiladi.

Yechilishi. Mayatnik yukining massasini m bilan belgilaymiz. Mayatkik vertikaldan φ burchakka og'dirilgan deb faraz qilamiz. Mayatnik yukning muvozanat vaziyatga qarab harakatlantiruvchi kuch og'irlik kuchining ipga tik bo'lgan P_t tashkil etuvchisidir (242-rasm). 422-betda aytilganlarga ko'ra, og'ish burchagi φ kichik bo'lganda, bu P_t tashkil etuvchi son taqriban $P \bullet \varphi$ ga teng va muvozanat vaziyatga tomon yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun:

$$P_t = -P \bullet \varphi = -mg\varphi \qquad (8)$$

bunda g - og'irlik kuchining tezlanishi; minus ishora P_t kuchning musbat burchaklarni o'lchash tomoniga teskari yo'nalganligini ko'rsatadi.

Yukning trayektoriyasiga urinma bo'lgan tezlanish $l\varphi$ ga teng, bundan Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra:

$$ml\varphi = P_t$$

yoki (8) bo'yicha:

$$ml\varphi = -mg\varphi,$$

bundan:

$$\varphi = -\frac{g}{l}\varphi.$$

g/l ni ω^2 orqali belgilaymiz; u holda:

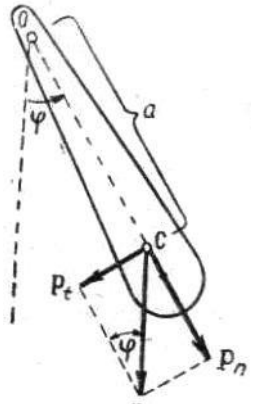
$$\varphi = -\omega^2\varphi.$$

Mayatnikning burchak siljishi φ ga nisbatan yozilgan bu tenglamadagi (5) tenglamaga tamomila o'xshashdir. Shuning uchun φ vaqtning davrni funktsiyasi bo'lib, uning davri:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{t}{g}}. \qquad (9)$$

Shu (9) formula matematnik mayatnik tebranishining qidirilayotgan davrini aniqlaydi. Matematik mayatnikning tebranish davri faqatgina mayatnikning uzunligi l ga va Yer sharining berilgan joyidagi og'irlik kuchining tezlanishi g ga bog'liq ekan.

3-misol. P og'irlikdagi, C og'irlik markazi O aylanish o'qidan α masofada bo'lgan jismning (245-rasn) shu O o'q atrofida tebranishining davri aniqlansin. muvozanat vaziyatdan og'ish burchaklari φ kichik deb hisoblansin.



245-rasm. O'g'ir jismning O o'q atrofida tebranishi

Yechilishi. P og'irlik kuchini C og'irlik markaziga quyilgan deb hisoblash mumkin. Oldingi misoldagi kabi, bu holda ham jism og'irlik kuchining P_t tashkil etuvchisi ta'sirida muvozanat vaziyatga tomon harakat qiladi, φ burchaklar kichik bo'lganda taqriban:

$$P_t = -P\varphi.$$

Bu kuchning aylanish o'qiga nisbatan momenti quyidagiga teng:

$$M = P_t\alpha = -P\varphi\alpha \qquad (10)$$

Bu M momentning ta'sirida jism $\beta = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \varphi$ burchak tezlanish oladi, biroq

$$\beta = \frac{M}{I}$$

bo'ladi; bunda I - jismning O o'qqa nisbatan inertsiya momenti. Bu oxirgi ifodadagi M o'rniga uning (10) qiymatini va β o'rniga φ ni qo'yamiz, u holda:

$$\varphi = -\frac{P \bullet \alpha}{I}\varphi.$$

Bu tenglama § 97 dagi (5) tenglama bilan yoki oldingi misoldagi φ ga nisbatan yozilgan tenglamaga butunlay o'xshashdir. Bundan biz quyidagi xulosaga kelamiz: og'ish burchagi φ kichik bo'lganda, jism muvozanat vaziyat atrofida garmonik tebranma xarakat qiladi, uning tebranishlar davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{P\alpha}} \qquad (11)$$

bo'ladi. $P=mg$ munosabatdan foydalanib, davrning ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mg\alpha}}, \qquad (11a)$$

bunda m — jismning massasi.

Muvozanat vaziyat atrofida mana shu ko'rsatilgan jism fizik mayatnik deb ataladi.

$$L = \frac{I}{ma} \qquad (12)$$

kattalikni fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb atash qabul qilingan.

Inertsiya momenti I ning ifodasiga massa kirgani uchun, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi L ning to'la massasiga bog'liq bo'lmay, balki uning faqat geometrik shakliga va massaning taqsimotiga bog'liq bo'ladi.

(11a) ga mayatnikning keltirilgan uzunligi qiymatini qo'yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}},$$

shunday qilib, fizik mayatnik tebranishlar davrining formulasi matematik mayatnik tebranishlar davrining formulasiga o'xshash ko'rinishni oladi.

4. Garmonik tebranma harakatning energiyasi.

m massali moddiy nuqta kvazielastik kuch

$$f = -kx$$

ta'siri ostida tebranayotgan bo'lsin: bu yerda x—nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishidir. Tebranma harakatdagi moddiy nuqta tezlikka ega va demak, u

$$E_k = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \qquad (1)$$

kinetik energiyaga ega.

Bundan tashqari, tebranayotgan nuqtaning potentsial energiyasi ham bo'ladi. Nuqtaning turli joylarda turli tezliklarga ega bo'lishi uning kinetik energiyasi E_k ning vaqt o'tishi bilan o'zgarib turishini ko'rsatadi. Ravshanki, bunda potentsial energiya ham o'zgara boradi. Potentsial energiya ma'lum x siljishni vujudga keltirish uchun tasgqi kuchlar tomonidan bajarilgan ish bilan o'lchanadi, son jihatdan, $\frac{1}{2}kx^2$ ga teng. Shunday qilib potentsial energiya E_p uchun

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \qquad (2)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

(1) va (2) formulalarga υ va x ning § 93 dagi (1) va (2) formulalar bo'yicha qiymatlarini qo'yamiz:

$$E_k = \frac{1}{2}m\alpha^2\omega^2\sin^2(\omega t + \alpha), \qquad (1a)$$

$$E_p = \frac{1}{2}k\alpha^2\cos^2(\omega t + \alpha). \qquad (2a)$$

Potentsial energiya maksimumga yetgan joyda kinetik energiya E_k nolga teng bo'ladi, ya'ni eng katta chetlanish joylarida E_k=0 bo'ladi: muvozanat vaziyatdan o'tish vaqtlarida kinetik energiya maksimumga yetadi, bu nuqtada potentsial energiya nolga teng bo'ladi.

Tebranuvchi nuqtani to'la energiyasi E ikkala xil energiyalarning yig'indisiga teng, ya'ni:

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}m\alpha^2\omega^2\sin^2(\omega t + \alpha) + \frac{1}{2}k\alpha^2\cos^2(\omega t + \alpha).$$

Yuqorida qabul qilingan belgilashga ko'ra, $m\omega^2 = k$; shuning uchun to'la energiyaning ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$E = \frac{1}{2}k\alpha^2\sin^2(\omega t + \alpha) + \frac{1}{2}k\alpha^2\cos^2(\omega t + \alpha),$$

bundan:

$$E = \frac{1}{2}k\alpha^2, \qquad (3)$$

ya'ni to'la energiya E tebranish amplitudasining kvadratiga va elastiklik koeffitsiyenti k ga proportsionaldir.

$k = m\omega^2 = m\frac{4\pi^2}{T^2}$ tenglikdan foydalanib, (3) formulani quyidagicha yozish ham mumkin:

$$E = \frac{2\pi^2 m}{T^2}\alpha^2 \ . \qquad (4)$$

(3) va (4) formulalardan ko'rinadiki, butun tebranish vaqtida to'la energiya o'zgarmas bo'ladi, energiyaning saqlanish qonuniga asosan xam xuddi shunday bo'lishi kerak.

Eng katta chetlanish joylarida butun energiya potentsial energiyaga aylanadi, muvozanat vaziyatdan o'tayotganda butun energiya kinetik energiyaga aylanadi,

tebranuvchi nuqtaning barcha boshqa vaziyatlarida har ikkala xil energiya mavjud bo'ladi.

Yuqorida aytilganlardan ravshanki, tebranma harakat vaqtida, doim potentsial energiya kinetik energiyaga va, aksincha, kinetik energiya potentsial energiyaga aylanib turadi. Bir *T* davr ichida to'la energiya E ikki marta butunlay kinetik energiyaga aylanadi (ikki marta muvozanat vaziyatdan o'tish vaqtida) va ikki marta butunlay potentsial energiyaga aylanadi (ikkala chetki nuqtalarda), energayaning goh potenpial energiyaga, goh kinetik energiyaga o'tishini, ma'lum ma'noda energiyaning "tebranishi" deb atash mumkin. Yuqoridagi mulohazalardan, bu energiya "tebranishining" *T* davri tebranma harakatning o'zida *T* dan ikki marta kichik bo'lishi ko'rinib turibdi.

Tebranishning energiyasini aniqlashga oid misolni ko'raylik.

Quyidagi keltirilgan ma'lumotlar asosida prujinaga osilgan yukning tebranish energiyasi aniqlansin; yuk dastlabki paytda muvozanat vaziyatdan 8 sm qadar chetga chiqarilgan va so'ng o'z holiga qo'yib yuborilgan. Prujinaning 2 kg kuch yu'sirilan 1 sm ga cho'zmtshi.

Yechilishi. Boshlang'ich payatda yuk tezlikka ega bo'lmagani ($\upsilon_0 = 0$) uchun, tebranish amplitudasi $a = x_0 = 8\,sm$.

Elastiklik koeffitsiyenti *k* quyidagicha aniqlanadi:

$$k = \frac{2}{1} kG/sm = 2 \bullet 980 \bullet 10^3\, dina/sm,$$

bundan to'ta energiya:

$$E = \frac{1}{2} ka^2 = \frac{1}{2} \bullet 2 \bullet 980 \bullet 10^3 \bullet 64 erg \cong 6{,}3 \bullet 10^7 erg = 6{,}3\, j.$$

Bu natijaning tebranuvchi jismning massasiga bog'liq emasligiga e'tibor berish lozim.

Nazorat savollari

1. Tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
2. Qanday tebranishlarga garmonik tebranishlar deyiladi?
3. **G**armonik tebranma harakat tenglamasini izohlang?
4. Matematik va fizik mayatniklarning tebranish davri formulalarini keltirib chiqaring va izohlang?
5. **G**armonik tebranma harakatda tezlik va tezlanishni tushuntiring?
6. Tebranish davri, chastotasi va amplitudasini tushuntiring?
7. Tebranma harakatda faza va siljish haqida tushuncha bering?
8. Garmonik tebranma harakatda to'liq mexanik energiyani 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.

21-ma'ruza. So'nuvchan tebranma harakat. So'nish dekrementi. Majburiy tebranishlar va uning harakat tenglamasi. Rezonans.

1. So'nuvchi tebranishlar.
2. Majburiy tebranishlar.
3. Tebranishlarni qo'shish.

1. So'nuvchi tebranishlar.

Amalda moddiy nuqtaning tashqaridan madad olib turmagan har qandan tebranishi so'nadi, tebranish amplitudasi vaqt o'tishi bilan kichiklasha boradi. Tebranishlarning so'nishiga harakatni to'xtatishga intiluvchn kuchlar, masalan, mayatnik osib qo'yilgan joydagi ishqalish kuchi yoki muhitning qarshilik kuchi sababchi bo'ladi. Bu masalani tekshirish uchun qarshilik kuchlarini ham hisobga olib Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalovchi tenglamani yozish kerak. Biz nuqtaning yopishqoq muhit ichidagi to'gri chiziqli tebranma harakatini tekshirish bilan cheklanamiz. Muhitning qarshilik kuchi nuqtaning harakat tezligiga bog'liq va yuqorida ko'rib o'tganimizdek, tezlik kichik bo'lganda bu kuchni tezlikka proportsional deb hisoblash mumkin va bu kuch tezlik yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan. Shunday qilib, qarshilik kuchini $-rx$ ga teng deb hisoblash mumkin; bunda r — qarshilik koeffitsiyenti deb ataladigan o'zgarmas kattalik. Bu kuch elastik kuch — kx ga qo'shiladi va, binobarin, nuqtaga ta'sir qilayotgan to'la kuch $f = -kx - rx$ bo'ladi, demak, Nyutonning ikkinchi qonuni quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} \qquad (1)$$

Bu tenglamaning o'ng va chap tomonlarini m massaga bo'lsak:

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x - \frac{r}{m}x \qquad (1a)$$

hosil bo'ladi.

Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2, \quad \frac{r}{m} = 2\beta, \qquad (2)$$

bunda ω_0^2 va β —musbat. U holda (1a) tenglama:

$$\ddot{x} = -\omega_0^2 x - 2\beta\dot{x} \qquad (1b)$$

ko'rinishni oladi.

O'rniga qo'yish yo'li bilan (1b) tenglamani §97 da ko'rgan tenglamaning ko'rinishiga keltirish mumkin. Buning uchun, x bilan

$$x = z \bullet e^{\beta t} \qquad (3)$$

munosabat orqali bog'langan yangi z o'zgaruvchini kiritamiz. Quyidagi tengliklardan foydalanib. (1b) tenglamani o'zgartiramiz:

$$\dot{x} = e^{-\beta t} \bullet \dot{z} - \beta e^{-\beta t} \bullet z;$$

$$\ddot{x} = e^{-\beta t} \bullet \ddot{z} - 2\beta e^{-\beta t} \bullet \dot{z} + \beta^2 e^{-\beta t} z.$$

$\dot{x}$ va $\ddot{x}$ ning bu qiymatlarini (1b) tenglamaga qo'yib, so'ng hamma hadlarni $e^{-\beta t}$ ko'paytuvchiga qisqartirib,

$$\ddot{z} - 2\beta \dot{z} + \beta^2 z = -\omega_0^2 z + 2\beta^2 z - 2\beta \dot{z}$$

yoki

$$\ddot{z} = -(\omega_0^2 - \beta^2) z \qquad (4)$$

tenglamaga ega bo'lamiz.

Muhitning qarshiligi $\omega_0^2 > \beta^2$ tengsizlik bajariladigan darajada kichik deb faraz qilamiz. U holda $\omega_0^2 > \beta^2$ musbat kattalik bo'ladi va biz $\omega_0^2 > \beta^2 = \omega^2$ deb belgilay olamiz. Shundan so'ng (4) tenglik quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\ddot{z} = -\omega^2 z. \qquad (4a)$$

(4a) tenglama §97 dagi yechilishi bizga tanish bo'lgan (5) tenglama bilan bir xildir. Shuning uchun (4a) tenglamaning yechimi o'sha tenglamaning yechimiga o'xshash bo'ladi:

$$z = a_0 \cos(\omega t + \alpha), \qquad (5)$$

bundagi a_0 va α o'zgarmas sonlar boshlang'ich shartlardan aniqlanishi kerak. § 97 da keltirilgan hamma mulohazalarni takrorlab, quyidagi xulosalarni chiqaramiz: z davriy o'zgaradi va uning o'zgarish davri

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

bo'ladi yoki ω ning o'rniga uning $\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2$ qiymatini qo'ysak:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}. \qquad (6)$$

(2) ifodalardan foydalanib, tebranishlar davri T ni yana quyidagicha yozish mumkin:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{km - \frac{1}{4} r^2}} \qquad (6a)$$

(5) yechimdagi z ning o'rniga uning qnymatini qo'yib, (3) formula yordamida, qarshilik ko'rsatuvchi muhit ichida elastik kuch ta'siridagi nuqtaning harakat tenglamasini hosil qilamiz:

$$x = a_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha), \qquad (7)$$

bu tenglamani quyidagicha yozish ham mumkin:

$$x = a \cos(\omega t + \alpha) \qquad (7a)$$

Bu yechim vaqt o'tishi bilan kichiklashib boradigan $a = a_0 e^{-\beta t}$ amplitudaga ega bo'lgan tebranishni ifodalaydi. Qarshilik ko'rsatuvchi muhitdagi tebranishlar davri $T = \dfrac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$ shu m massaga ega bo'lgan va xuddi shunday elastik kuch $f = -kx$ ta'siri ostidagi nuqtaning qarshilik ko'rsatmaydigan muhitdagi tebranishning davri $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0}$ ga qaraganda kattadir. Vaqt bilan x orasidagi bog'lanishning grafigi 254-rasmda tasvirlangan. Tebranishlarning vaqt o'tgan sari so'nib borishi ko'rinib turibdi. Amplitudaning bir-birining oralig'i T davrga teng bo'lgan vaqtdagi ikkita ketma-ket qiymati nisbatining logarifmi so'nishning logarifmik dekrementi deyiladi. Logarifmik dekrementni λ orqali belgilasak, ta'rifga ko'ra:

$$\lambda = \ln \frac{a_0 e^{-\beta t}}{a_0 e^{-\beta (t+T)}} = \ln e^{\beta T},$$

ya'ni

$$\lambda = \beta T \qquad (8)$$

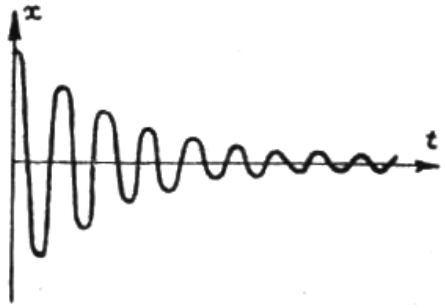
(7) ifodadagi β o'rniga (8) formula bo'yicha logarifmik dekrement λ ni kiritsak va ω ning o'rniga $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ davrni qo'ysak, so'nuvchi tebranishlar uchun yana quyidagi ifodani topamiz:

$$x = a_0 e^{-\lambda \frac{1}{T}} \cos\left(2\pi \frac{t}{T} + \alpha\right), \qquad (7b)$$

bundagi T davr (6) yoki (6a) formula bo'yicha aniqlanadi.

Tajribada ikki ketma-ket tebranishning a_1 va a_2 amplitudalarini o'lchab, logarifmik dekrementni bevosita aniqlash mumkin, u xolda ta'rifga ko'ra:

$$\lambda = \ln \frac{a_1}{a_2}.$$



254-rasm. So'nuvchi tebranishlar

λ ma'lum bo'lsa,

$$r = 2\beta m = 2\frac{\lambda}{T} m$$

munosabatdan foydalanib qarshilik koeffitsiyenti r ni aniqlash mumkin.

(7) formulaga ko'ra, tebranish faqat cheksiz ko'p vaqt o'tgandan keyingina to'xtatish mumkin. Haqiqatda esa tebranishlar chekli vaqt o'tgach, to'xtab qoladi, chunki atomning o'lchamlari bilan birday kattalikdagi amplitudaga ega bo'lgan tebranishlarni makroskopik sistemalar butunligicha bajara olmaydi. Sistemani muvozanat vaziyatdan chiqarishda unga tashqaridan berilgan energiya, so'nuvchi tebranish vaqtida oz-ozdan ishqalish kuchlariga qarshi bajariladigan ishga sarflanadi. Tebranishni so'nmaydigan xolda saqlash uchun, sistemaga tashqaridan uzluksiz ravishda energiya berib turish kerak bo'ladi.

Tashqaridan energiya berilib turgani uchun, ishqalish kuchlari mavjud bo'lishiga qaramay, o'zgarmas amplituda bilan tebranadigan sistemaga misol qilib soat

mayatnigini ko'rsatish mumkin. Tepkili mexanizm mayatnikni uning tebranish vaqtida ketma-ket turtib turadi. Bu vaqtda mayatnikka beriladigan energiya yoki buralgan prujinaning bo'shashidan, yoki tushayotgan toshdan olinadi.

Mana shunday, o'z tebranishlarining amplitudasini o'zgarmay saqlaydigan sistemalar avtotebranma sistemalar deyiladi.

Majburiy tebranishlar va uning harakat tenglamasi. Rezonans.

Reja:

1.Majburiy tebranishlar va uning harakat tenglamasi.

2.Rezonans

Endi moddiy nuqtaning shunday tebranishlarini ko'ramizki, bunda moddiy nuqtaga elastik va qarshilik kuchlaridan tashqari, yana qo'shimcha ravishda davriy kuch ta'sir qiladi. Agar prujinaga osib qo'yilgan yuk qo'shimcha ravishda turtib turilsa va bu turtkilar barobar vaqt oraliklaridan so'ng beriladigan bo'lsa, bu o'sha yuqorida aytilgan holga misol bo'ladi. Bu qo'shimcha majbur etuvchi kuch f_1 vaqt bo'yicha sinus yoki kosinus qonuni bilan o'zgaradi, ya'ni u,

$$f_1 = H\cos\omega t \qquad (1)$$

ko'rinishga ega bo'ladi, deb faraz qilamiz.

Bu farazdan ko'rinadiki, kuch $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ga teng davr bilan davriy o'zgarib turadi; H kattalik kuch amplitudasi deyiladi va kuchning eng katta qiymatini ko'rsatadi.

Bu holda Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalovchi tenglama quyidagicha yoziladi;

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + H\cos\omega t\,; \qquad (2)$$

o'ng tomondagi ifoda elastik kuch — kx, muhitning qarshilik kuchi—$r\dot{x}$ va majbur etuvchi kuch $H\cos\omega t$ ning yig'indisidir. Bu tenglamani

$$\ddot{x} = -\omega_0^2 x - 2\beta\dot{x} + h\cos\omega t \qquad (2a)$$

ko'rinishda yozib olamiz, bunda ω_0 va β yuqorida § 102 da ko'rsatilgan [(2) formula] qiymatlarga ega, h esa — kuch amplitudasining nuqta massasiga nisbatini ko'rsatadi:

$$h = \frac{H}{m}. \qquad (3)$$

Majbur etuvchi kuch bo'lmasa ($h\cos\omega t = 0$) va ishqalish yo'q bo'lsa, nuqta ω_0 doiraviy chastota bilan tebranadi (o'z tebranishlar).

Endi x ni

$$x = a\cos(\omega t + \alpha) \qquad (4)$$

deb olib, (2a) tenglamaning yechimini topishga urinib ko'ramiz, boshqacha aytganda, hamma kuchlarnnig ta'siri natijasida tebranma harakat vujudga keladi va tebranishning davri majbur etuvchi kuchning davriga teng deb faraz qilib, yechimni qidiramiz. (4) funktsiyani (2a) tenglamaga qo'yamiz va tenglama ayniyatga aylanishi kerak, degan talabdan foydalanib, a va α kattaliklarni aniqlaymiz. (4) ifodadan x-ning t bo'yicha olingan birinchi va ikkinchi hosilalarini topamiz:

$$\dot{x} = -a\omega\sin(\omega t + \alpha); \quad \ddot{x} = -a\omega^2\cos(\omega t + \alpha);$$

$\dot{x}$ va $\ddot{x}$ ning qiymatlarini (2a) tenglamaga qo'yamiz:

$$-a\omega^2\cos(\omega t + \alpha) = -a\omega_0^2\cos(\omega t + \alpha) +$$
$$+ 2\beta a\omega\sin(\omega t + \alpha) + h\cos\omega t.$$

yoki murakkab argumentning trigonometrik funktsiyalarini yoyib, quyidagicha yozamiz:

$$-a\omega^2(\cos\omega t\cos\alpha - \sin\omega t\sin\alpha) =$$
$$-\omega_0^2 a(\cos\omega t \bullet \cos\alpha - \sin\omega t \bullet \sin\alpha) +$$
$$+ 2\beta a\omega(\sin\omega t \bullet \cos\alpha + \cos\omega t \bullet \sin\alpha) + h\cos\omega t.$$

Bu tenglamaning ayniyatga aylanishi uchun, tenglamaning har ikki tomonidagi $\cos\omega t$ oldidagi koeffitsiyentlar teng bo'lishi kerak, shuningdek, tenglamaning har ikki tomonidagi $\sin\omega t$ ning oldidagi koeffitsiyentlari ham o'zaro teng bo'lishi kerak; shunday qilib, quyidagi tenglamalarga ega bo'lamiz:

$$-a\omega^2\cos\alpha = -a\omega_0^2\cos\alpha + 2\beta a\omega\sin\alpha + h,$$
$$a\omega^2\sin\alpha = a\omega_0^2\sin\alpha + 2\beta a\omega\cos\alpha$$

yoki

$$\left.\begin{aligned} a(\omega_0^2 - \omega^2)\cos\alpha - 2\beta a\omega \bullet \sin\alpha = h, \\ a(\omega_0^2 - \omega^2)\sin\alpha + 2\beta a\omega \bullet \cos\alpha = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

(5) sistemaning ikkinchi tenglamasidan:

$$tg\alpha = -\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}. \qquad (6)$$

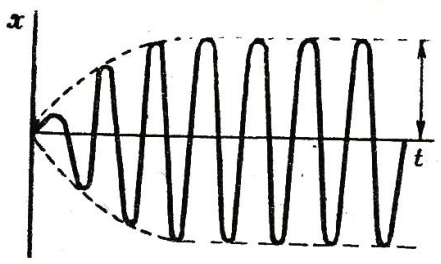
(5) sistemaning ikkala tenglamasini kvadratga ko'tarib, so'ng qo'shib chiqsak:

$$a^2[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2] = h^2,$$

bundan:

$$a = \frac{h}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}. \qquad (7)$$

Bu (6) va (7) ifodalar barqaror majburiy tebranishlarning fazasini va amplitudasini aniqlaydi.



255-rasm. Majburiy tebranishlar amplitudasining vaqt o'tishi bilan o'sib borishi

Agar jism dastlab tinch turgan bo'lsa va keyin unga majbur etuchi $f_1 = H \bullet \cos\omega t$ kuch ta'sir qila boshlasa, u majburiy tebrana boshlaydi. Bu tebranishlarning amplitudasi (7) tenglik bilan aniqlanadigan qiymatga yetguncha o'sa boradi. Majburiy tebranishlar amplitudasining vaqt bo'yicha o'sib borishi 255-rasmda tasvirlangan. Majburiy tebranishlar qarorlangach, amplitudaning o'sishi to'xtaydi.

(6) va (7) formulalardan ko'ramizki, majburiy tebranishlarning amplitudasi a va fazasi α majbur etuvchi kuchning chastotasi ω bilan nuqtaning o'z tebranishlar chastotasis ω_0 orasidagi

munosabatga bog'liqdir. Tebranish, umuman aytganda, kuch bilan "fazalashgan" bo'lmaydi, ya'ni kuch eng katta qiymatga erishgandagi paytda nuqtaning siljishi ham hamma vaqt eng katta bo'lavermaydi. (6) formuladan agar muhitning qarshiligi nolga teng bo'lsa, ya'ni β=0 bo'lsa, tebranish bilan kuch birday fazaga ega bo'lishi ko'rinib turibdi. Boshqa hamma hollarda faza $\alpha \neq 0$ bo'ladi. Majburiy tebranishlarning amplitudasi uchun yozilgan (7) ifoda juda ajoyibdir. Tebranishlar amplitudasi kuch amplitudasiga proportsional. Agar o'z tebranishlar chastotasi ω_0 o'zgarmas bo'lganda, majbur etuvchi kuchning chastotasi ω o'zgarib tursa, bu holda majburiy tebranishlar amplitudasi ham o'zgarib turadi. Agar majbur etuvchi kuchning chastotasi $\omega_{rez}^2 = \omega_0^2 - 2\beta^2$ munosabatni qanoatlantiruvchi ω_{rez} ga teng bo'lsa, majburiy tebranishlar amplitudasi maksimal qiymatga ega bo'lishini ko'rsatish mumkin. Bunday maksimumning paydo bo'lishi rezonans hodisasidir. Yuqoridagi munosabatga asosan, rezonans chastotasi:

$$\omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}\,. \qquad (8)$$

(7) formulaga muvofiq maksimal amplituda (rezonans amplitudasi) quyidagi qiymatga ega bo'ladi:

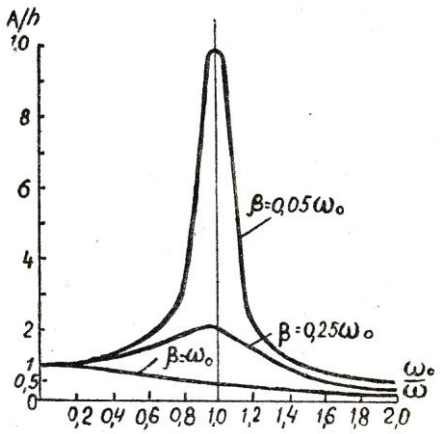
$$a_{rez} = \frac{h}{2\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}\,. \qquad (9)$$

Agar muhitning qarshiligi nolga teng bo'lsa, ya'ni β=0 bo'lsa, amplitudaning maksimal bo'lishi uchun

$$\omega_{rez} = \omega_0$$

bo'lishi kerak, ya'ni majbur etuvchi kuchning ω chastotasi xususiy tebranishlarning ω_0 chastotasiga teng bo'lishi kerak; u holda majburiy tebranishlar amplitudasi cheksiz katta bo'ladi. β ning noldan farqli qiymatlarida amplituda hech qachon cheksiz katta bo'lmaydi va ω_0 dan kichik ω_{rez} qiymatda maksimumga yetadi. Majburiy tebranishlar amplitudasining majbur etuvchi kuch chastotasiga bog'liqligi β ning turli qiymatlari uchun 256-rasmda tasvirlangan. Biz, so'nish koeffitsienti β qancha katta bo'lsa, amplituda maksimumi shuncha kichik bo'lishini ko'ramiz.

256-rasmdagi egri chiziqlar rezonans egri chiziqlari deyiladi. Rezonanslanuvchi sistemaning so'nishi β qancha kichik bo'lsa, rezonans chizig'ining maksimumi shuncha baland va o'tkir bo'ladi. Haqiqatda β hamma vaqt noldan farqli bo'lgani uchun, rezonans vaqtida cheksiz katta amplitudaning bo'lishi mumkin emas.



256-rasm. Turli so'nish koeffitsiyentlari uchun majburiy tebranishlar amplitudasi.

Majburiy tebranishlar fazasi α ning chastotaga bog'liqligini ham tekshiramiz [(6) formula]. $0 \le \omega \le \omega_0$ bo'lganda tangensning qiymati manfiy bo'ladi, binobarin, α uchun quyidagi tengsizliklarni

olamiz: $0 \geq \alpha > -\frac{\pi}{2}$ yoki $\pi \geq \alpha > \frac{\pi}{2}$. Ko'rilgan temaning birinchi tenglamasida ω=0 deb hisoblasak, $a\omega_0^2 \cos\alpha = h$ bo'ladi; a va h amplitudalar musbat bo'lgani uchun, ω=0 bo'lganda, $\cos\alpha$ noldan katta bo'lishi kerak. Bu shart ikki tengsizlikdan birini, ya'ni $0 \geq \alpha > -\frac{\pi}{2}$ ni tanlab olishga majbur qiladi. Shunday qilib, $0 \leq \omega \leq \omega_0$ bo'lganda, fazalar ayirmasi a manfiy bo'ladi, ya'ni majburiy tebranishlar majbur qiluvchi kuchdan faza bo'yicha orqada qoladi. ω ning qiymati rezonans chastotasi ω_{rez} ga yaqinlashsa, faza bo'yicha orqada qolish kuchayadi.

Rezonans sharoitida, ya'ni $\omega = \omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ bo'lganda, majburiy tebranishlar fazasi, (6) formulaga ko'ra,

$$tg\alpha = -\frac{\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}{\beta}$$

munosabatdan aniqlanadi.

O'tkir rezonans bo'lgan holda β kichik va $tg\alpha$ uchun taqriban

$$tg\alpha = -\frac{\omega_0}{\beta}$$

deb yozish mumkin. ω_0 / β katta son bo'lgani uchun, α ning fazasi — $\pi/2$ ga yaqin bo'ladi. $\omega = \omega_0$ bo'lganda faza $\alpha = -\frac{\pi}{2}$. Nihoyat, $\omega > \omega_0$ bo'lganda, α burchakning tangensi musbat, demak, $\alpha < -\frac{\pi}{2}$ ya'ni faza bo'yicha orqada qolish yanada katta. Majbur etuvchi kuchning ω chastotasi xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 dank ko'p marta katta bo'lganda, faza a manfiy qiymatli bo'lgan holda $-\pi$ ga intiladi. a ning ω / ω_0 nisbatga bog'lanishi grafik ravishda β ning ikki xil qiymati uchun 257-rasmda tasvirlangan: *1* egri chiziq β ning kichik qiymatiga mos keladi (kichik so'nish), *2* egri chiziq β ning kattaroq qiymatiga mos mos keladi (katta so'nish).

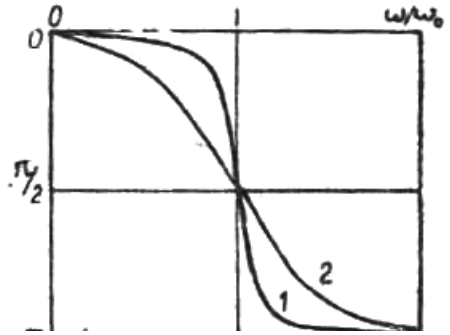
Rezonansga yaqin joyda, ya'ni $\alpha \cong -\frac{\pi}{2}$ bo'lganda maksimal manfiy siljishdan maksimal musbat siljishga borguncha, kuch musbat bo'ldi, qarama-qarshi yo'nalishda kuch manfiydir.

Shuning uchun u uzluksiz ravishda tebranishning amplitudasini kattalashtira boradi. Tashqi kuchning butun ishi tebranishni so'ndirishga intiluvchi ishqalish kuchlarini yengishga sarf bo'lguncha amplitude mana shunday kattalashib boradi. Natijada amplitudaning kattaligi barqaror majburiy tebranishlar amplitudasi qiymatiga erishadi.

Fazalar ayirmasi $-\pi/2$ bo'lganda, ya'ni rezonans chastotasiga yaqin chastotada, tashqi kuchni bajargan ishi maksimal bo'ladi. Fazalar farqi boshqacha bo'lganda kuch qisman tezlantiruvchi ta'sir bersa qisman harakatga qarshi ta'sir qiladi. α=0 yoki $\alpha = -\pi$ bo'lganda, kuch vaqtning yarmida harakatni tezlantiradi, vaqtning ikkinchi yarmida esa harakatni sekinlantiradi; ya'ni umuman hech qanday ish bajarmaydi.

Bundan, rezonans sohasidan tashqarida tashqi kuchning ozgina ish bajarishi rezonans sharoitida - esa ish kattalashadi degan hulosa chiqadi. O'tkir rezonans holida bu effekt ayniqsa keskin namoyon bo'ladi. Bu holda β kichik son va 257-rasmdan ko'rinib turganidek, agar ω kattalik ω_0 dan ozgina kichik qiymatdan, ω_0 dan ozgina katta qiymatgacha o'zgarsa, α kattalik $\alpha = 0$ ga yaqin qiymatdan $\alpha = -\pi$ ga yaqin qiymatgacha o'zgaradi. Chastotaning $\omega_0 \cong \omega_{rez}$ qiymatdan o'tishida, kuch va siljish fazalari orasidagi ayirma mana shu ma'noda teskarisiga o'zgaradi.

Rezonans xodisasi ko'p fizik protseslarda va texnikada katta rol o'ynaydi. Ba'zan texnikada rezonans xodisalari zararli bo'ladi. Masalan, elastik tebranishlar qila oladigan taglik ustida ekstsentrikli motor o'rnatilgan bo'lsin. Aylanayotgan motor taglikka davriy kuch bilan ta'sir qilib, uni titratadi va majburiy tebranish holatiga olib keladi.



257-rasm. Majburiy tebranishlar fazasi bilan majbur etuvchi kuch chastotasi orasidagi bog'lanish

Rezonans vujudga kelganda, motor taglikka ancha energiya beradi va hosil bo'ladigan majburiy tebranishlarning amplitudasi taglikning mustahkamligi uchun xavfli bo'lgan qiymatlarga erishishi mumkin. Motorning aylanishi yanada yanada tezlashsa, taglikning siljishi bilan titratuvchi kuch orasidagi fazalar farqi kamayadi, motorning taglikka berayotgan energiyasi kamayadi. Buning natijasida motoriing aylanishi yanada tezlashib ketadi. Bu hol ham zararlidir, chunki u motorning buzilishiga olib kelishi mumkin.

Parametrik rezonans deb ataladigan rezonans maxsus ko'rinishdagi rezonansdir. Sistemada tebranishlar faqat yuqorida ko'rib o'tilgan majbur etuvchi kuchlar ta'siridangina vujudga kelmay, balki ular sistemaning erkin tebranishlar vaqtida o'zgarmaydigan parametrlaridan birining davriy o'zgarishi ta'siridan ham vujudga kelishi mumkin. masalan, mexanik sistemada tebranishlar sistema inertsiya momentining o'lchamlarining, zo'riqishlarning va boshqalarning o'zgarishi natijasida vujudga kelishi mumkin. Parametr o'zgarishning v_n chastotasi bilan xususiy tebranishlarning o'rtacha chastotasi $\bar{v}_0$ orasidagi nisbatning ma'lum qoymatlarida, aniqrog'i $v_n / \bar{v}_0 = 2/k$ bo'lganda (bunda k - butun son), ya'ni $v_n / \bar{v}_0$ ning qiymati: 2, 1, 1/2, 1/3, va hokazolardan biriga teng bo'lganda tenranishlar amplitudasi maksimumga erishadi.

Parametrning o'zgarishi qanchalik kuchli bo'lsa va sistema energiyasining yo'qotilishi (ishqalish, qarshilik) qancha kichik bo'lsa, parametrik rezonansning vujudga kelish sharti shunchalik o'ngay bajariladi. Ko'pincha parametrik rezonans $\frac{v_n}{\varphi_0} = 2$ bo'lganda vujudga keladi. Arg'imchoq uchayotgan kishilar arg'imchoqning tebranish taktiga mos ravishda o'tirib-turganlarida arg'imchoq tebranishining kuchaya borishi parametrik rezonansning eng sodda misolidir. Mana shu o'tirib-turishlar natijasida shu arg'imchoqdan iborat bo'lgan fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi davriy o'zgaradi.

Parametrik rezonansning boshqa bir misoli - torning tarangligini davriy o’zgartirish yo’li bilan shu torda tebranishlar uyg’otishdir. Agar tor tarangligining davriy o’zgarishlar chastotasi torning xususiy tebranishlar chastotasidan ikki barobar katta qiymatga yaqin bo’lsa, garchi tashqi kuchlar (zo'riqish) torning uzunligi bo’ylab ta’sir qilsa ham, torda kuchli ko’ndalang tebranishlar vujudga keladi. Parametrik rezonans oqibatida vujudga keladigan tebranishlar zararli bo’lib chiqishi mumkin, masalan, aylanuvchi qismlari bo’lgan mashinalarda bunday tebranishlar podshinniklarning parchalanishiga olib kelishi mumkin.

Majburiy tebranishlarga oid misol ko’raylik.

1-misol. 400 g massali jism prujinaga osib qo’yilgan. Prujina 40 g kuch ta’sirida 1 sm ga cho'ziladi. Tebranuvchi jismning so'nish logarifmik dekrementi λ=1,57. Tebranishlar davrining rezonans vujudga kelgandagi qiymati va rezonans amplitudasi aniqlansin. Majbur etuvchi kuchning amplitudasi H=200 g ga teng.

Yechilishi. So’nish kichik bo’lganda $\omega \cong \omega_0$ va, demak, logarifmik dekrement $\lambda = \frac{2\pi}{\omega}\beta \cong \frac{2\pi}{\omega_0}\beta$ bo’ladi. (8) formluladagi β o’rniga uning λ orqali ifodalangan taqribiy qiymatini qo’yib, rezonans chastotasi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$\omega_{rez} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2}\frac{\lambda}{\pi}^2} \;;$$

bizning holda

$$\omega_{rez} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2}\frac{1{,}57}{\pi}^2} \cong 0{,}94\ \omega_0$$

undan:

$$T_{rez} = \frac{1}{0{,}94} T_0 \text{ yoki } T_{rez} = 1{,}07 T_0 .$$

Bunda T_{rez}— davrning rezonans vujudga kelgandagi qiymati, T_0—jismning prujinadagi xususiy tebranishlarining davri. Misoldagi ma’lumotlarga asosan:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\pi}} = 2\pi\sqrt{\frac{400}{40 \cdot 981}} sek \cong 0{,}63\ sek$$

Demak, davrning

$$T_{rez} = 1{,}07 \cdot 0{,}63 sek \cong 0{,}67 sek$$

qiymatida rezonans vujudga keladi.

(9) formuladagi *h* o’rniga uning *H*/*m* qiymatini va β o’rniga uning logorifmik dekrement orqali ifodasini qo'ysak, quyidagiga ega bo’lamiz:

$$a_{rez} = \frac{\frac{H}{m}}{\omega_0^2 \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{1 + \frac{1}{4}\frac{\lambda}{\pi}^2}} ,$$

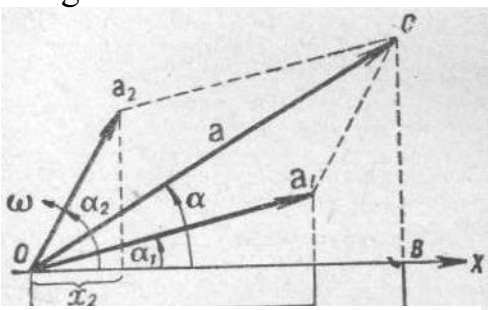
bundan, son qiymatlardan foydalanib, $a_{rez} \cong 10 sm$ bo'lishini aniqlaymiz.

Tebranishlarni qo'shish. Bienie(titrash). O'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shish. Lissaju shakllari.

Reja:
1.Tebranishlarni qo'shish.
2.Bir yo'nalishdagi tebranishlarni qo'shish.
3.O'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shish. Lissaju shakllari.

Tayanch so'z va iboralar. Tebranma harakat, garmonik tebranish, tebranish davri, amplituda, faza, siljish, chastota, Lissaju shakllari.

Jismning bir vaqtda ikkita yoka bnr necha tebranishlarda qatnashishidan iborat bo'lgan harakat tez-tez uchrab turadi. Masalan, agar yukni prujina yordamida ressorali vagonning shipiga osib qo'ysak, yuk osish nuqtasiga nisbatan tebranadi, u nuqtaning o'zi esa o'z navbatida vagonning ressoralarida tebranadi; shunday qilib, yuk bir yo'nalishda bo'layotgan ikkita tebranishning qo'shilishidan iborat bo'lgan harakatni bajaradi.



Rasm. Birday davrli garmonik tebranma harakatlarni tasvirlovchi vektorlarni qo'shish

Tebranishlarning qo'shilishidan qanday natijaviy harakat hosil bo'lishini ko'raylik.

Birday yo'nalish va birday davrga ega bo'lgan, lekin boshlang'ich fazalari va amplitudalari turlicha bo'lgan ikki tebranishning, ya'ni

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= a_1\cos(\omega t + a_1), \\ x_2 &= a_2\cos(\omega t + a_2) \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

tenglamalar bilan ifodalanuvchi ikki tebranishning qo'shilishini tekshirishdan boshlaymiz. Ikkala tebranishning doiraviy chastotasi ω umumiy, chunki ularning davrlari teng deb faraz qilingan.

Jism bir vaqtda ikkala tebranishda qatnashsa, uning muvozanat vaziyatdan siljishi x (1) tengliklar bilan ifodalanuvchi x_1 va x_2 siljishlarning algebraik yig'indisi bo'ladi:

$$x = x_1 + x_2 = a_1\cos(\omega t + \alpha_1) + a_2\cos(\omega t + \alpha_2). \qquad (2)$$

Bu qo'shishni grafik usulda bajaramiz. Ikkala tebranishni X o'qining ixtiyoriy O nuqtasidan chizilgan amplituda vektorlari orqali tasvirlaymiz (246-rasm). Boshlang'ich paytda a_1 amplituda X o'qi bilan α_1 burchak tashqil qilib chiziladi, a_2 amplituda esa α_2 burchak tashkil qilib chiziladi. Ikkala amplituda birday ω burchak tezlik bilan soat strelkasining aylanishiga qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi. Demak, a_2 va a_1 vektorlar orasidagi burchak hamma vaqt $\alpha_2 - \alpha_1$ ga teng bo'lib qolaveradi. Ikki vektorning biror o'qdagi proyektsiyalari yig'indisi shu vektorlar yig'indisining o'sha o'qdagi proyektsiyasiga teng bo'lgani uchun, natijaviy tebranish a_1 va a_2 amplituda vektorlarini geometrik qo'shishdan kelib chiqadigan a amplituda vektori bilan tasvirlanishi mumkin, ya'ni:

$$a = a_1 + a_2 \qquad (3)$$

Rasmdan:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos(\alpha_2 - \alpha_1). \qquad (4)$$

Ravshanki, qo'shiluvchi tebranishlarning amplituda vektorlari qanday burchak tezlik bilan aylansa, natijaviy amplituda vektori a ham shundan tezlik bilan aylanadi.

Natijaviy amplituda vektorining boshlang'ich paytda X o'qi bilan tashkil qilgan burchagi α, 246-rasmdan ko'rinib turganidek, quyidagicha aniqlanadi:

$$tg\alpha = \frac{BC}{OB} = \frac{a_1\sin\alpha_1 + a_2\sin\alpha_2}{a_1\cos\alpha_1 + a_2\cos\alpha_2}. \qquad (5)$$

Natijaviy tebranishning o'zi amplituda vektori a ning X o'qidagi proyektsiyasi bilan tasvirlanadi, ya'ni quyidagiga teng bo'ladi:

$$x = x_1 + x_2 = a\cos(\omega t + \alpha). \qquad (6)$$

Shunday qilib, biz ko'ramizki, natijaviy harakat ham garmonik tebranish bo'lib, qo'shiluvchi tebranishlar qaysi to'g'ri chiziq bo'yicha yuz berayotgan bo'lsa va qanday davrga ega bo'lsa, natijaviy tebranish ham shu to'g'ri chiziq bo'yicha bo'ladi va shunday davrga ega bo'ladi. Natijaviy tebranishning amplitudasi a va boshlang'ich fazasi α qo'shiluvchi tebranishlarning amplitudalari va boshlang'ich fazalari orqali, mos ravishda (4) va (5) formulalar bo'yicha aniqlanadi.

Shuni aytnb o'tish muhnmki, (4) formulaga ko'ra, natijaviy tebranishning amplitudasi a qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining ayirmasi $\alpha_2 - \alpha_1$ ga bog'liq. Kosinus +1 dan katta va -1 dan kichik bo'la olmagani uchun, (4) formuladan natijaviy amplituda qo'shiluvchi amplitudalar a_1 va a_2 ning yig'indisidan katta bo'lmasligi va ularning ayirmasidan kichik bo'lmasligi ko'rinadi, ya'ni u quyidagi chegaralarda bo'ladi:

$$a_1 + a_2 \geq a \geq |a_2 - a_1|.$$

Agar qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining farqi nolga yoki $2k\pi$ ga teng bo'lsa (k—butun son), fazalar ayirmasining kosinusi +1 ga teng bo'ladi va, (4) formulaga ko'ra:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2, \text{ bundan } a = a_1 + a_2,$$

ya'ni fazalar farqi $\alpha_2 - \alpha_1 = 2k\pi$ bo'lganda (bunda k=0, 1, 2, 3, ...), natijaviy tebranishning amplitudasi a qo'shiluvchi tebranishlarning a_1 va a_2 amplitudalari yig'indisiga teng bo'ladi.

Agar qo'shiluvchi tebranishlar fazalari ayirmasi toq son marta olingan π ga teng bo'lsa, fazalar ayirmasining kosinusi -1 ga teng bo'ladi va a amplituda uchun (4) dan quyidagi qiymatni olamiz:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2, \text{ bunda } a = |a_2 - a_1|.$$

Biz bu yerda $a_2 - a_1$ ayirmaning absolyut qiymatini olamiz, chunki a amplituda, amplituda tushunchasining mazmuniga ko'ra, faqat musbat kattalik bo'la oladi.

Bundan, agar fazalar ayirmasi $\alpha_2 - \alpha_1 = (2k+1)\pi$ bo'lsa, (bunda k=0, 1, 2, ...), natijaviy tebranishning a amplitudasi qo'shiluvchi tebranishlarning a_2 va a_1 amplitudalari ayirmasining absolyut qiymatiga teng.

Endi, qo'shiluvchi tebranishlar bir yo'nalishda, lekin turli davr bilan sodir bo'ladi, deb faraz qilamiz. U holda tebranishlarning vektor diagrammasidagi qo'shiluvchi a_1 va

a_2 amplitudalarning vektorlari turli burchak tezliklar bilan aylanadi (247-rasm). Buning natijasida ular orasidagi burchak o'zgarmas bo'lmaydi, balki vaqt o'tishi bilan o'zgara boradi. Shu sababli natijavin amplituda a ning qiymati ham o'zgarib turadi. Qo'shiluvchi tebranishlarning doiraviy chastotalari ω_1 va ω_2 bo'lsin. Qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining ayirmasi o'zgaruvchan bo'lgani uchum, har ikki tebranishning fazasi birday bo'lgan paytni boshlang'ich payt deb olish mumkin, ya'ni tebranishlarni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$x_1 = a_1 \cos(\omega_1 t + \alpha), \quad x_2 = a_2 \cos(\omega_2 t + \alpha). \qquad (7)$$

bunda $\omega_2 > \omega_1$ deb faraz qilamiz.

Qo'shiluvchi amplitudalar fazalarining ayirmasi $(\omega_2 - \omega_1)t$ ga teng bo'ladi. Fazalar ayirmasining bu qiymatini (4) formuladagi $\alpha_2 - \alpha_1$ o'rniga qo'yib, natijaviy amplituda kvadrati ifodasini hosil qilamiz:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\omega_2 - \omega_1)t. \qquad (8)$$

Shunday qilib, natijaviy tebranish amplitudasi a ning kattaligi vaqt o'tgan sari ma'lum davr bilan o'zgarib turadi.

Natijaviy amplituda vektorining burchak tezligi o'zgarmas bo'lmaydi, shuning uchun natijaviy harakat garmonik tebranish bo'lmaydi/

Barobar $a_1 = a_2$ amplitudalarga ega bo'lgan, lekin davrlari va, binobarin, doiraviy chastotalari bir-biridan juda oz farq qiladigan ikki tebranishning qo'shilish natijasini maxsus tekshiraylik.

(8) formulada $a_1 = a_2$ deb hisoblasak,

$$a^2 = 2a_1^2\left[1 + \cos(\omega_2 - \omega_1)t\right] = 4a_1^2 \cos^2 \frac{\omega_2 - \omega_1}{2}$$

bo'ladi, yoki:

$$a = \left| 2a_1 \cos \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t \right|. \qquad (9)$$

Biz bu yerda, o'ng tomondagi kattalikning musbat qiymatini olamiz, chunki amplituda aniq musbat kattalikdir. Kosinusning absolyut qiymatining davri π ga teng; demak, kosinusning argumenti π ga o'zgaradigan vaqt oralig'i amplituda absolyut qiymatining o'zgarish davri τ bo'ladi, ya'ni τ quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} \tau = \pi,$$

bundan:

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1}. \qquad (10)$$

Amplituda o'zgarishining chastotasi v, ya'ni davr τ ga teskari kattalik quyidagiga teng:

$$v = \frac{1}{\tau} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\pi} = v_2 - v_1, \qquad (10a)$$

ya'ni natijaviy tebranish amplitudasining o'zgarish chastotasi v qo'shiluvchi tebranishlar chastotalarining v_2-v_1 ayirmasiga teng. 247-rasmdan ko'rinadiki. natijaviy

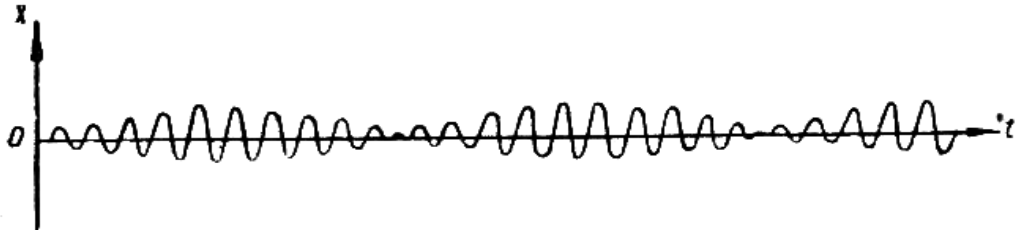
amplitudaning X o'qi bilan tashkil qilgan burchagi $\frac{\omega_1+\omega_2}{2}t+\alpha$ ga teng, demak, bu holda natijaviy amplituda vektori qo'shiluvchi tebranishlar doiraviy chastotalarining yarim yig'indisiga teng bo'lgan o'zgarmas tezlik bilan aylanadi. Natijaviy amplituda vektorini X o'qiga proyektsiyalasak, natijaviy harakat ifodasi hosil bo'ladi. Shuning uchun natijaviy siljish x:

$$x = a\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}t+\alpha\right)$$

yoki (9) ga ko'ra:

$$x = \left|2a_1\cos\frac{\omega_2-\omega_1}{2}t\right|\cos\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}t+\alpha\right). \qquad (11)$$

Shartga ko'ra, ω_2 bilan ω_1 bir-biriga juda ham yaqin, shuning uchun $\omega' = \omega_2 - \omega_1$ ayirma $\omega_1+\omega_2$ yig'indiga qaraganda juda ham kichik; shu sababli biz quyidagi xulosani chiqara olamiz: (11) tenglik bilan ifodalanuvchi natijaviy harakatni doiraviy chastotasi $\frac{\omega_1+\omega_2}{2}$ bo'lgan garmonik tebranma harakat deb hisoblash mumkin. Uning amplitudasi *a* o'zgarmas bo'lmay, vaqt o'tishi bilan, (9) munosabat bo'yicha davriy o'zgarib turadi. *a* amplituda o'zgarishining τ davri (10) formula bilan beriladi. Bunday tebranish grafik usulda 248-rasmda tasvirlangan. Bu tebranishning amplitudasi goh kattalashib, goh kichiklashib turadi; bundan hodisa tepkili tebranish deyiladi.



248-rasm. Tepkili tebranish (bienie)

O'zaro tik tebranishlarni qo'shish.

Endi o'zaro tik yo'nalishlarda bo'layotgan tebranishlar qo'shilishining natijasini tekshirib ko'ramiz. Dastlab moddiy nuqta o'zaro tik yo'nalishlardagi birday davrli ikki tebranishda qatnashadi, deb faraz qilamiz. Tebranishlarning yo'nalishlari uchun OX va OY o'qlari olingan bo'lsin.

U holda tebranish tenglamalari

$$x = a_1\cos(\omega t+\alpha_1), \quad y = a_2\cos(\omega t+\alpha_2) \qquad (1)$$

bo'ladi; bunda a_1 va a_2, α_1 va α_2-mos ravishda, birinchi va ikkinchi tebranishlarning amplituda va boshlang'ich fazalaridir.

Nuqta trayektoriyasining tenglamasini aniqlash uchun, (1) tenglamalardan vaqtni chiqarib tashlaymiz.

(1) tenglamalarni quyidagicha yozamiz:

$$\frac{x}{a_1} = \cos\omega t \bullet \cos\alpha_1 - \sin\omega t \bullet \sin\alpha_1; \qquad (2)$$

$$\frac{y}{a_2} = \cos\omega t \bullet \cos\alpha_2 - \sin\omega t \bullet \sin\alpha_2. \qquad (2a)$$

(2) ni $\cos\alpha_2$ ga va (2a) ni $\cos\alpha_1$ ga ko'paytirib, ularning ayirmasini olamiz:

$$\frac{x}{a_1}\cos\alpha_2 - \frac{y}{a_2}\cos\alpha_1 = \sin\omega t \bullet \sin(\alpha_2 - \alpha_1).$$

(2) ni $\sin\alpha_2$ ga va (2a) ni $\sin\alpha_1$ ga ko'paytirib, ularning ayirmasini olamiz:

$$\frac{x}{a_1}\sin\alpha_2 - \frac{y}{a_2}\sin\alpha_1 = \cos\omega t \bullet \sin(\alpha_2 - \alpha_1).$$

Keyingi ikki tenglamani kvadratga ko'tarib va hadlab qo'shib, trayektoriyaning tenglamasini topamiz:

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} - \frac{2xy}{a_1 a_2}\cos(\alpha_2 - \alpha_1) = \sin^2(\alpha_2 - \alpha_1). \qquad (3)$$

Bu tenglama, umuman aytganda, ellipsning tenglamasi bo'lib, uning xarakteristikalari fazalar ayirmasi a_2-a_1 ning qiymatlari orqali aniqlanadi. Xususiy hollarni tekshiramiz. Qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining ayirmasi a_2-a_1 nolga teng bo'lsin, ya'ni

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

Bu holda trayektoriyaning tenglamasi (3) quyidagi ko'rinishni oladi:

$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} - \frac{2xy}{a_1 a_2} = 0$ yoki $\frac{x}{a_1} - \frac{y}{a_2} = 0$, bundan: $\frac{x}{y} = \frac{a_1}{a_2}$,

ya'ni biz koordinat boshidan o'tuvchi va OX o'q bilan tangensi $\frac{a_2}{a_1}$ ga teng bo'lgan burchak tashkil qiluvchi to'gri chiziqning tenglamasini oldik (249a-rasm).

Nuqta mana shu to'g'ri chiziq bo'yicha garmonik tebranma harakat qiladi, chunki nuqtaning shu chiziqdagi o'rni

$$s = \sqrt{x^2 y^2} = \sqrt{a_1^2\cos^2(\omega t + \alpha) + a_2^2\cos^2(\omega t + \alpha)} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}\cos(\omega t + \alpha).$$

s kesma bilan aniqlanadi; natijaviy tebranishning davri qo'shiluvchi tebranishlarning davriga teng, natijaviy tebranishning amplitudasi

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

ga teng.

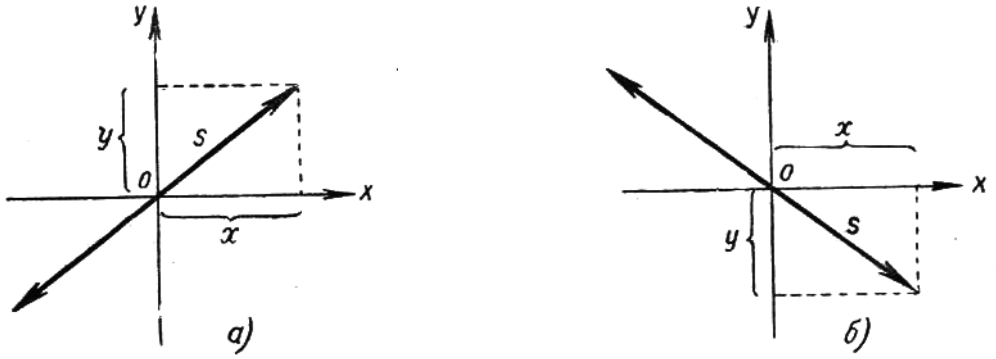
Endi, qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining $\alpha_2 - \alpha_1$ ayirmasi π ga teng deb faraz qilamiz, ya'ni

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \pi.$$

Trayektoriyaning tenglamasi (3) bu holda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} + \frac{2xy}{a_1 a_2} = 0, \text{ bundan } \frac{x}{y} = -\frac{a_1}{a_2}.$$

Bu 249b-rasmdagi to'g'ri chiziqning tenglamasidir; nuqta, bu to'g'ri chiziq bo'ylab, oldingi holdagiga teng amplituda bilan garmonik tebranma harakat qiladi.



249-rasm. Birday yoki qarama-qarshi fazali ikkita o'zaro tik tebranma harakatning qo'shilishi natijasida to'g'ri chiziqli garmonik tebranma harakat vujudga keladi.

Agar qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining $\alpha_2 - \alpha_1$ ayirmasi $\pi/2$ yoki $3\pi/2$ ga teng bo'lsa, trayektoriyaning tenglamasi

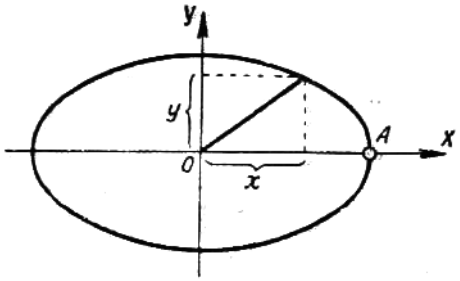
$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} = 1 \qquad (4)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu o'qlari OX va OY o'qlarga to'g'ri keladigan ellipsning tenglamasidir (250-rasm). Agar fazalar ayirmasi $\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, nuqta ellips bo'yicha soat strelkasi yo'nalishida harakatlanadi. Buni isbot qilish uchun qo'shiluvchi tebranishlarning tenglamalarini quyidagi ko'rinishda yozish kerak bo'ladi:

$$x = a_1 \cos(\omega t + \alpha),$$

$$y = a_2 \cos\left(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right) = -a_2 \sin(\omega t + \alpha).$$

Vaqtning biror paytida har ikki ifodaning argumenti nolga teng; bu paytda tebranuvchi nuqta A nuqtada bo'ladi (250-rasm); vaqtning undan keyingi paytida argument kattalashadi, demak, x musbat, y manfiy bo'ladi; nuqta pastga qarab, soat strelkasi yo'nalishida siljiydi. Agar qo'shiluvchi tebranishlar fazalarining ayirmasi $3\pi/2$ ga teng bo'lsa, yuqoridagiga o'xshash yo'l bilan, nuqta ellips bo'yicha soat strelkasining yo'nalishiga teskari harakatlanishini ko'rsatish mumkin.



250-rasm. Ikkita o'zaro tik garmonik tebranma harakatning qo'shilishi natijasida elliptic harakat vujudga keladi.

Fazalar ayirmasining ishorasi o'zgarsa, ellips bo'yicha bo'ladigan harakatning yo'nalishi teskarisiga almanadi. Masalan, $\alpha_2 - \alpha_1 = -\frac{\pi}{2}$ bo'lganda, soat strelkasiga teskari harakat hosil bo'ladi. $\alpha_2 - \alpha_1 = -\frac{3\pi}{2}$ bo'lganda esa soat strelkasi bo'yicha harakat hosil bo'ladi. Ravshanki, amplitudalar teng bo'lsa, ellips o'rniga aylana bo'yicha harakat hosil bo'ladi.

$$x = a\cos\omega t\,, \quad y = a\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \qquad (5)$$

yoki

$$x = a\cos\omega t\,, \quad y = -a\sin\omega t \qquad (5a)$$

o'zaro tik garmonik tebranishlar qo'shilib, a radiusli aylana bo'yicha soat strelkasi yo'nalishida ω burchak tezlik bilan sodir bo'layotgan tekis aylanma harakatni beradi.

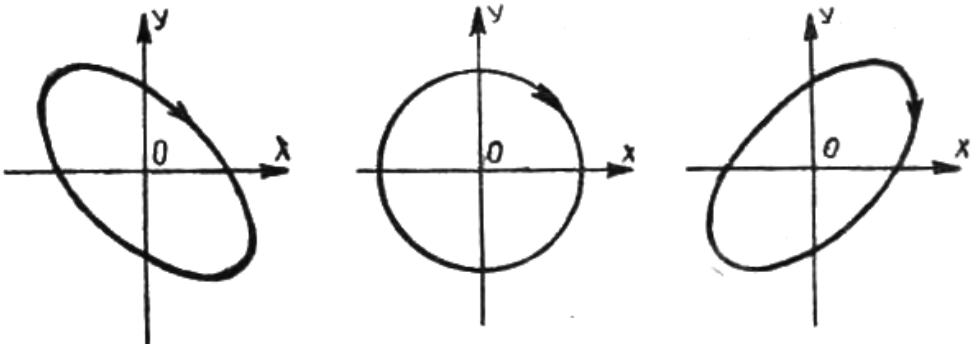
Aksincha, a radiusli aylana bo'yicha soat strelkasi yo'nalishida bo'layotgan va burchak tezligi ω ga teng bo'lgan tekis aylanma harakat o'zaro tik ikki garmonik tebranma harakatga ajratilishi mumkin: ular (5) va (5a) formulalar bilan ifodalanadi.

Shuningdek, quyidagi tenglamalar bilan ifodalanuvchi ikki o'zaro tik garmonik tebranishlar:

$$x = a\cos\omega t\,,$$
$$y = a\cos\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right) = a\sin\omega t \qquad (6)$$

qo'shilib, a radiusli aylana bo'yicha soat strelkasiga teskari yo'nalishda bo'layotgan va ω burchak tezlikka ega bo'lgan tekis aylanma harakatni beradi.

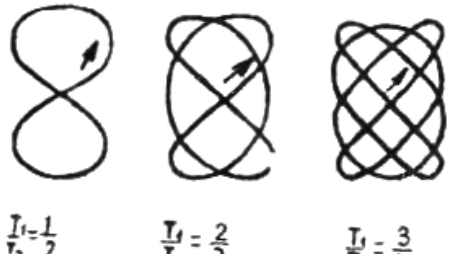
Fazalar ayirmasnning $\pm\pi/2$ va $\pm 3\pi/2$ dan boshqa xamma qiymatlari o'qlari OX va OY o'qlarning ustiga tushmaydigan ellipslarni beradi. Birday davrli o'zaro tik garmonik tebranma harakatlarning qo'shilishidan hosil bo'lishi mumkin bo'lgan trayektoriyalardan ba'zilari 251-rasmda ko'rsatilgan.



251-rasm. Birday davrli o'zaro tik garmonik ikki tebranma harakatning qo'shilishidan hosil bo'ladigan harakatlarning turli trayektoriyalari.

Keltirilgan mulohazalardan nuqtaning ellips bo'yicha harakati ham ikki o'zaro tik tebranishlarga ajratilishi mumkinligi kelib chiqadi. Ularning fazalari orasidagi ayirma ellipsning ko'rinishi va nuqta harakatining yo'nalishi bilan aniqlanadi.

Agar o'zaro tik tebranishlarning davrlari har xil bo'lsa, bunday tebranishlarning qo'shilishi natijasida murakkabroq shakldagi trayektoriyalar hosil bo'ladi; ularning ba'zilari 252-rasmda tasvirlangan. Bu trayektoriyalar Lisaju figuralari deb ataladi.



252-rasm. Turli davrli o'zaro tik ikkita garmonik tebranma harakatning qo'shilishidan hosil bo'ladigan turli harakatlarning trayektoriyalari.

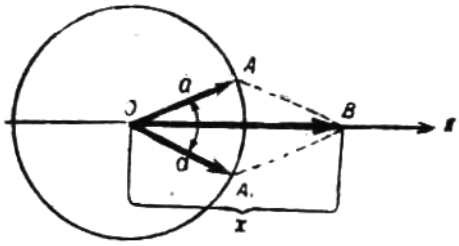
Nihoyat, nuqtaning to'gri chiziqli tebranishini ikkita "doiraviy tebranish" ga ajratish mumkinligini tekshiramiz. Buning tushunarli bo'lishi uchun 253-rasmga murojaat qilaylik. Nuqta muvozanat vaziyat O dan chiqib, bir vaqtning o'zida ikkita siljishda qatnashayotir deb faraz qilamiz. Siljishlardan biri OA vektor bilan tasvirlangan, ikkinchisi unga son jihatdan

teng bo'lgan OA_1 vektor bilan tasvirlangan. Bu vektorlardan har birining uzunligini *a* bilan belgilaymiz.

Natijaviy siljish bu ikki siljishning geometrik yig'indisi bilan ifodalanadi. Demak, nuqtaning vaziyati 253-rasmdagi B nuqta bilan beriladi. Sinljish vektorlari barobar ω burchak tellik bilan O nuqta atrofida qarama-qarshi yo'nalishlarda aylanadi, deb faraz qilamiz. U holda natijaviy siljish OB to'g'ri chiziq ustida yuz beraveradi, bu chiziqni X o'q deb ataymiz. O muvozanat vaziyatdan B nuqtagacha bo'lgan masofa vaqtning berilgan payti uchun x kattalikning qiymati bo'ladi. Bu qiymatning

$$x = 2a\cos(\omega t + \alpha)$$

ekanligi rasmdan ko'rinib turibdi, ya'ni natijaviy siljish garmonik tebranish bo'lib, uning amplitudasi OA va OA_1 vektorlarning uchlari chizayotgan aylananing ikkilangan radiusiga teng. Tebranish davri siljish vektorlarining aylanish davriga teng.



253-rasm. OA va OA_1 vektorlar bilan tasvirlanuvchi va qarama-qarshi tomonlari aylanuvchi ikkita doiraviy tebranishning qo'shilishi

Bundan, to'g'rn chiziqli garmonik tebranma harakatdagi nuqtaning siljishini, tebranishning doiraviy chastotasiga teng bo'lgan ω burchak tezlik bilan qarama-qarshi yo'nalishlarda aylanayotgan ikkita siljish vektorlarining geometrik yig'indisi shaklida tasvirlash mumkin, degan xulosa kelib chiqadi. Vektorlarning kattaligi tebranish amplitudasining yarmiga teng va har bir berilgan paytda vektorlar tebranish sodir bo'layotgan to'g'ri chiziqqa nisbatan simmetrik joylashgan bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
2. Qanday tebranishlarga garmonik tebranishlar deyiladi?
3. **G**armonik tebranma harakat tenglamasini izohlang?
4. Matematik va fizik mayatniklarning tebranish davri formulalarini keltirib chiqaring va izohlang?
5. **G**armonik tebranma harakatda tezlik va tezlanishni tushuntiring?
6. Tebranish davri, chastotasi va amplitudasini tushuntiring?
7. Tebranma harakatda faza va siljish haqida tushuncha bering?
8. Garmonik tebranma harakatda to'liq mexanik energiyani izohlang?

Asosiy adabiyotlar

1.O.Axmadjonov. Fizika kursi, 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 fizika kursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, "O'zbekiston", 1992, 279 bet.

8.Nuomonxo‘jaev A.S. Fizika kursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.

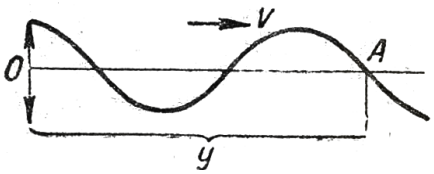
22-ma’ruza. To’lqin tushunchasi. Ko’ndalang va bo’ylama to’lqinlar. To’lqin sirti va fronti. Torning tebranishi. YAssi sinusoidal to’lqin. To’lqin harakat energiyasi. To’lqin energiyasi oqimi.Umov vektori. To’lqin intensivligi. To’lqin interferensiyasi. Turg’un to’lqin. Tovush va uning tabiati.

Reja:

1. **To’lqin tenglamasi.**
2. **To’lqinlarning elastik muhitda tarqalishi.**
3. **Gyuygens printsipi.**

1. To’lqin tenglamasi.

To’lqin protsessini qanday qilib analitik ravishda xarakterlash mumkinligini tekshiraylik.



272-rasm. To’lqin tenglamasini keltirib chiqarishga doir

Dastlab, biror to’g’ri chiziq bo’yicha, masalan, bir uchi doim tebratib turilayottan arqon bo’yicha ketayotgan to’lqinlarni ko’z oldimizga keltiramiz. Nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishina x orqali belgilaymiz. To’lqin tarqalayotgan to’g’ri chiziqning har bir nuqtasi uchun x siljish har bir paytda qanday qiymatlarga ega bo’lishini bilsak, to’lqin protsessi aniqlangan bo’ladi. Boshqacha aytganda, nuqtaning x siljishini vaqtning va nuqtalar muvozanat vaziyati koordinatalarining funktsiyasi sifatida bilish kerak.

To’g’ri chiziqdagi tebranishlar markazi bo’lgan O nuqtani (272-rasm) koordinatalar boshi deb qabul qilamiz. O nuqtadagi yebranishlar

$$x = a\cos\omega t \qquad (1)$$

qonun bo’yicha sodir bo’layotgan bo’lsin. Bu yerda a — tebranishlar amplitudasi, ω — doiraviy chastota, t — tebranish boshlangan paytdan boshlab hisoblangan vaqt.

To’g’ri chiziq ustida koordinatalar boshidan y masofada joylashgan ixtiyoriy A nuqtani olamiz. Tebranishlar O nuqtadan tarkalib, A nuqtaga

$$\tau = \frac{y}{V} \qquad (2)$$

vaqt o’tgandan so’ng yetib keladi; bunda V —to’lqinning tarqalish tezligi. Shunday qilib, A nuqta O nuqtadan τ vaqt qadar kech tebrana boshlaydi. Tekshirilayotgan to’g’ri chiziq bo’ylab tarqaluvchi to’lqinlarni so’nmaydigan to’lqinlar deb hisoblab, A nuqtaga to’lqin yetib kelganda, u nuqta ham a amplituda va ω doiraviy chastota bilan tebrana boshlaydi, degan xulosaga kelamiz. Demak, A nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishi x quyidagicha ifodalanadi:

$$x = a\cos\omega t', \qquad (3)$$

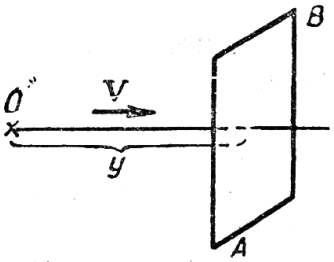
bunda t' —A nuqta tebrana boshlagandan boshlab hisoblangan vaqt. Lekin, yuqorida aniqlanganicha, A nuqta O nuqtadan vaqt τ qadar kech tebrana boshlagani uchun, $t' = t - \tau$ bo’ladi; t' ning bu qiymatini (3) ga qo’ysak:

$$x = a\cos\omega(t - \tau)$$

yoki bu yerga τ ning (2) qiymatini qo’ysak:

$$x = a\cos\omega\left(t - \frac{y}{V}\right). \qquad (4)$$

Bu tenglama nuqtaning siljishi x ni vaqt *t* ning va A nuqtadan O nuqtagacha bo'lgan y masofaning funktsiyasi sifatida ifodalaydi; OB to'g'ri chiziq bo'yicha tarqalayotgan to'lqinning qidirilayotgan tenglamasi mana shudir.



273-rasm. Yassi to'lqin uchun birday fazalar tekisligi

(4) ifoda y yo'nalish bo'yicha tarqalayotgan yassi to'lqinning tenglamasidir. Haqiqatan ham, bu holda y ning yo'nalishiga tik bo'lgan har qanday AB tekislik (273-rasm) birday fazalar sirtidan iborat bo'ladi va, demak, bu tekislikning hamma nuqtalari vaqtning muayyan t paytida birday x siljishga ega bo'ladi. Bu siljish tekislikdan O nuqtagacha bo'lgan y masofa bilangina aniqlanadi.

Agar biz y masofa o'lchanayotgnn yo'nalishga teskari tomonga tarqaluvchi yassi to'lqinni ko'z oldimizga keltirsak, (4) ifodadagi y ning o'rniga— y qo'yilishi kerak, u holda bunday to'lqinning tenglamasi

$$x = a \bullet \cos\omega\left(t + \frac{y}{V}\right) \qquad (4a)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

§ 106 dagi (1) munosabatdan foydalanib, (4) ifodaning ko'rinishini o'zgartirish mumkin; o'sha formulaga ko'ra: $\frac{\omega}{V} = \frac{2\pi}{VT} = \frac{2\pi}{\lambda}$, bunda λ— tarqalayotgan to'lqinlarning to'lqin uzunligi; u xolda:

$$x = a\cos\left(\omega t - 2\pi\frac{y}{\lambda}\right)$$

yoki agar doiraviy chastota ω o'rniga odatdagi chastota $v = \frac{\omega}{2\pi}$— qo'yilsa:

$$x = a\cos 2\pi\left(vt - \frac{y}{\lambda}\right) \qquad (5)$$

To'g'ri chiziq bo'yicha tarqalayotgan to'lqin (272-rasm) misolida (4) tenglamadan kelib chnqadigan natijalarni tekshiramiz. To'lqin protsessi — bu ikki yoqlama davriy protsessdir: (4) formuladagi kosinusning argumenti ikki o'zgaruvchiga—vaqt *t* va koordinata *y* ga bog'liq. Shunday qilib, to'lqin davriyligi lkki yoqlama—y fazada ham, vaqtda ham davriydir. Vaqtning berilgan payti uchun (4) tenglama zarralarning siljishi *x* ni ulardan koordinat boshigacha bo'lgan *y* masofalarning funktsiyasi sifatida ifodalaydi; o'tayotgan to'lqin ta'sirida tebranayotgan zarralar shu berilgan paytda kosinusoida bo'yicha joylashgan bo'ladi.

y ning aniq bir qiymati bilan xarakterlanuvchi ma'lum bir zarra vaqtga bog'liq ravishda garmonik tebranma harakat qiladi:

$$x = a\cos\omega\left(t - \frac{y}{V}\right) = a\cos(\omega t - \alpha),$$

bunda

$$\alpha = \frac{\omega y}{V} = 2\pi \frac{y}{\lambda}. \qquad (6)$$

α kattalik berilgan nuqta uchun o'zgarmas bo'lib, u shu nuqta tebranishining *boshlang'ich fazasi* bo'ladi.

Koordinatalar boshigacha bo'lgan y_1 va y_2 masofalar bilan xarakterlanuvchi ikki nuqta fazalarining ayirmasi:

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 2\pi \frac{y_2 - y_1}{\lambda}. \qquad (7)$$

Bundan ko'rinadiki, bir-biridan λ qadar uzoqlikda joylashgan ikki nuqta uchun, ya'ni $y_2 - y_1 = \lambda$ bo'lgan holda, fazalar ayirmasi $\alpha_2 - \alpha_1 = 2\pi$ bo'ladi; bu ikki nuqtaning x siljishlari har qanday berilgan t paytda kattalik bo'yicha ham, yo'nalish bo'yicha ham birday bo'ladi; bunday ikki nuqta *birday fazada tebranuvchi* nuqtalar deb aytiladi.

Bir-biridan $y_2 - y_1 = \frac{\lambda}{2}$ masofadagi, ya'ni bir-biridan yarim to'lqin uzunligicha masofadagi nuqtalar uchun fazalar ayirmasi $\alpha_2 - \alpha_1 = \pi$ bunday nuqtalar *qarama-qarshi fazalarda* tebranuvchi nuqtalar deb aytiladi — har bir berilgan paytda bu nuqtalar siljishlarining absolyut qiymatlari teng bo'ladi, lekin ishoralari turlicha bo'ladi: agar nuqtalardan biri yuqoriga siljigan bo'lsa, ikkinchisi pastga siljigan bo'ladi va aksincha.

Yuqorida tekshirilgan, bir to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaluvchi to'lqinlar to'lqinlarning xususiy holidir. Elastik muhitda boshqacha to'lqinlar, masalan, sferik to'lqinlar mavjud bo'lishi mumkin.

Sferik to'lqinda amplituda tebranish manbaigacha bo'lgan masofaga teskari proportsional ravishda kamaya boradi. Siljishning koordinatalarga va vaqtga bog'lanishi

$$x = \frac{a}{r}\cos\omega\left(t - \frac{r}{V}\right) \qquad (8)$$

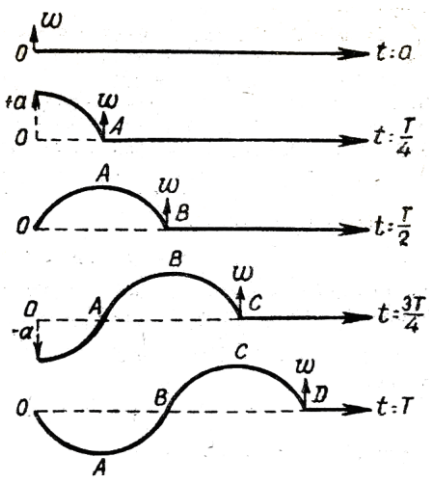
ko'rinishda bo'ladi.

Vaqtning biror paytida teng fazalar sirti $r = const$ tenglama bilan aniqlanadi, ya'ni u r radiusli sfera bo'ladi.

Bunday to'lqinning "sferik" degan nomi mana shundan kelib chiqadi.

2. To'lqinlarning elastik muhitda tarqalishi.

Tebranma harakatdagi nuqta barcha zarralari o'zaro bog'langan muhit ichiga joylashgan bo'lsin. U holda nuqtaning tebranish energiyasi atrofidagi nuqtalarga uzatilib, ularni tebranma harakatga keltirishi mumkin. Tebranishning muhit ichida tarqalish hodisasi to'lqin deb ataladi. Suvga tosh tashlasak, to'lqinlar hosil bo'lishini ko'ramiz; suv sirtining toshning tushishi natijasida bevosita g'alayonga keltirilgan sohasi tebrana boshlaydi, bu tebranish bu sohadan boshqa qo'shni sohalarga tarqaladi va suv sirtida to'lqin hosil bo'ladi. Bir arqon olib, uning



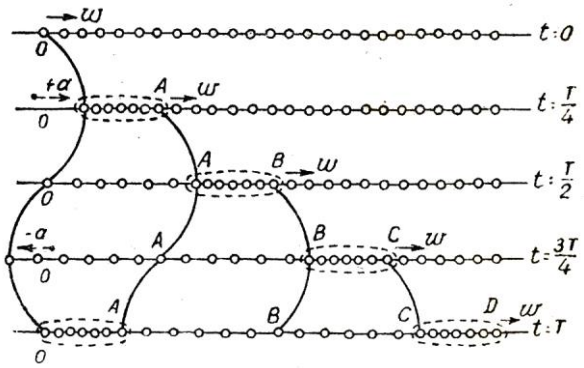
264-rasm. Ko'ndalang to'lqinning tarqalish sxemasi

uchlaridan biri qo'l bilan tebranma harakatga keltirilganda ham to'lqin hosil bo'lishini kuzatish mumkin, bu holda tebranish arqon bo'yicha tarqala boshlaydi: to'lqin arqon bo'ylab ketadi.

Dastavval, tebranishlar tarqalayotganda tebranayotgan zarralar tarqalayotgan tebranma protsess bilan birga siljib bormay, balki o'z muvozanat vaziyatlari atrofida tebranib turishini ta'kidlab o'tish kerak.

Agar zarralar tebranish tarqalayotgan to'g'ri chiziq bo'ylab tebranayotgan bo'lsa, bunday to'lqin bo'ylama to'lqin deb ataladi; agar zarralarning tebranish yo'nalishi tebranish tarqalayotgan yo'nalishga tik bo'lsa, bunday to'lqin ko'ndalang to'lqin deb ataladi.

264-rasmda ko'ndalang to'lqinning tarqalish sxemasi tasvirlangan. 264-rasmdagi beshta chiziq muhit zarralarining vaqtning ketma-ket paytlaridagi joylashishini ko'rsatadi. Birinchi chiziq zarralarning boshlang'ich t=0 paytdagi vaziyatini ko'rsatadi; bu vaqtda barcha zarralar muvozanat vaziyatda bo'ladi va faqat eng chetdagi *O* zarra yuqoriga yo'nalgan ω tezlanish olgan. Ikkinchi chiziq zarralarning harakat boshlangandan so'ng, chorak davr o'tgach egallagan vaziyatlarini ko'rsatadi; *O* zarra o'zining eng baland vaziyatiga yetgan, A zarra endigina yuqoriga yo'nalgan ω tezlanishni olgan. Uchinchi chiziq harakat boshlangandan yarim davr o'tgandagi vaziyatni tasvirlaydi: *O* zarra pastga qarab muvozanat vaziyatdan o'tmoqda, A zarra o'zining eng baland vaziyatiga yetgan, *B* zarra endigina yuqoriga yo'nalgan ω tezlanish olgan. To'rtinchi chiziq harakat boshlangandan uch chorak davr o'tgandagi vaziyatni ko'rsatadi: *O* zarra o'zining eng pastki vaziyatiga yetgan, A zarra pastga qarab muvozanat vaziyatdan o'tmoqda, *B* zarra o'zining eng baland vaziyatiga yetgan; *C* nuqta yuqoriga yo'nalgan ω tezlanishni olayotir. Nihoyat, beshinchi chiziqda harakat boshlangach bir davr o'tgandan so'nggi vaziyat ko'rsatilgan: *O* zarra yuqoriga qarab yana muvozanat vaziyatdan o'tmoqda, A zarra o'zining. eng past vaziyatiga yetgan, *B* zarra pastga qarab muvozanat vaziyatdan o'tmoqda, *C* zarra o'zining eng baland vaziyatiga yetgan, *D* zarra yuqoriga yo'nalgan ω tezlanishni olgan. Tebranishning bundan keyingi tarqalishini ham shu yo'sinda kuzatib borish mumkin.



265-rasm. Bo'ylama to'lqinning tarqalish shemasi.

Bo'ylama to'lqin uchun xuddi shunday sxema 265-rasmda berilgan. Farqi faqat shundaki, zarralar tebranishlarning tarqalish yo'nalishida siljiydi. 265-rasmdan ko'rinib turibdiki, bo'ylama to'lqin tarqalayotganda zarralar bir-biriga yaqinlashadi va bir-biridan uzoqlashadi, buniig natijasida muhitda quyuqlanishlar (rasmda o'rab qo'yilgan

sohalar) va siyraklanishlar hosil bo'ladi; to'lqin tarqalish hodisasi bu quyuqlanish va siyraklanish sohalarining ko'chib borishidan iborat.

Muhit ichida tarqaluvchi to'lqinlarning bo'ylama yoki ko'ndalang bo'lishligi muhitning elastiklik xossalariga bog'liqdir.

Agar muhitning bir qatlami ikkinchi qatlamiga nisbatan siljiganda shu siljigan qatlamni muvozanat vaziyatga qaytarishga intiluvchi elastik kuchlar hosil bo'lsa, muhitda ko'ndalang to'lqinlar tarqalishi mumkin (umuman aytganda, qattiq jism shunday muhit bo'ladi). Agar parallel qatlamlar bir-biriga nisbatan siljiganda muhitda elastik kuchlar hosil bo'lmasa, ko'ndalang to'lqinlar vujudga kela olmaydi. Masalan, suyuqlik va gaz ko'ndalang to'lqinlar tarqalmaydigan muhitlardir (bu xulosa suyuqlikning sirtiga tegishli emas; suyuqlikning sirtida ko'ndalang to'lqinlar tarqala oladi, biroq ular murakkabroq bo'ladi; zarralar yopiq doiraviy yoki elliptik trayektoriyalar bo'yicha harakatlanadi). Agar cho'zilish va siqilish deformatsiyalari vaqtida elastik kuchlar hosil bo'lsa, bunday muhitda bo'ylama to'lqinlar tarqalishi mumkin. Masalan, suyuqlik va gaz siqilganda bosim ortadi; bizga ma'lumki, bu bosim kuchi siqilish deformatsiyasidagi elastiklik kuchi rolini o'ynaydi. Suyuqlikda va gazda faqat bo'ylama to'lqinlar tarqaladi. Qattiq jismlarda bo'ylama to'lqinlar bilan bir qatorda ko'ndalang to'lqinlar ham mavjud bo'lishi mumkin.

Bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi *V*, nazariyaning ko'rsatishicha, muhitning elastiklik koeffitsiyenti α va uning zichligi ρ dan olingan kvadrat ildizga teskari proportsionaldir:

$$V = \sqrt{\frac{1}{\alpha\rho}}.$$

Bu munosabat taqriban quyidagi munosabat bilan almashtirilishi mumkin:

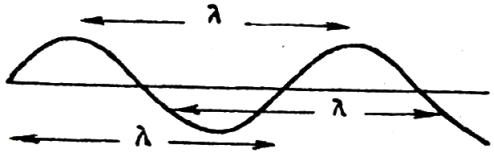
$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bunda E - muhitning Yung moduli.

Ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligi siljish moduli *N* ga bog'liq bo'ladi:

Muayyan tebranish fazasi bir tebranish davrida qancha masofaga surilsa, bu masofa to'lqin uzunligi deyiladi; to'lqin uzunligini λ orqali belgilaymiz.

266-rasmda bir-biridan λ masofada joylashgan bir necha juft nuqtalar ko'rsatilgan.



266-rasm. Birday fazada tebranuvchi eng yaqin ikki nuqta orasidagi masofa to'lqin uzunligi λ ni aniqlaydi.

Rasmdan, to'lqin uzunligi birday fazalarda tebranuvchi nuqtalar orasidagi eng qisqa masofa ekanligi yaqqol ko'rinib turibdi. To'lqinning tarqalish tezligi deganda uning faza tezligi, ya'ni berilgan tebranish fazasining tarqalish tezligi tushuniladi; masalan, vaqtning t=0 paytida 264-rasmdagi *O* nuqtaning fazasi boshlang'ich faza edi, ya'ni u muvozanat vaziyatdan endigina chiqayotgan edi; T vaqt o'tgach, bunday fazaga *O* nuqtadan λ masofada turgan *O* nuqta ega bo'ladi. Demak, davr T ga teng vaqt ichida boshlang'ich faza to'lqin uzunligi λ ga teng masofaga tarqaldi. Bundan faza tezligi uchun quyidagi ta'rif kelib chiqadi:

$$V = \frac{\lambda}{T}. \qquad (1)$$

Tebranish tarqatayotgan nuqta (tebranish markazi) tutash muhit ichida tebranayotgan bo'lsin. Tebranishlar markazdan hamma tomonlarga tarqaladi. Vaqtning biror paytida tebranish yetib borgan nuqtalarning geometrik o'rni to'lqin fronti deyiladi. Shuningdek, muhit ichida birday fazalarda tebranayotgan nuqtalarning geometrik o'rnini ham ajratib olish mumkin. Bu nuqtalar birday fazalar sirtini yoki boshqacha aytganda, to'lqin sirtini tashkil qiladi. Ravshanki, to'lqin fronti to'lqin sirtining xususiy holidir. Agar muhit izotrop bo'lsa, tebranishlar tebranish markazidan hamma tomonlarga birday tarqaladi; bu holda to'lqin fronti ham, birday fazalar sirtlari ham markazi tebranish markazida bo'lgan sferalardan iborat bo'ladi. Ravshanki, to'lqin frontining radiusi, markazdagi nuqta tebrana boshlagandan so'ng *t* vaqt o'tgach, tebranishlar qancha masofaga tarqalganini ko'rsatadi; bundan:

$$r = Vt,$$

bu yerda V — to'lqinning tarqalish tezligi.

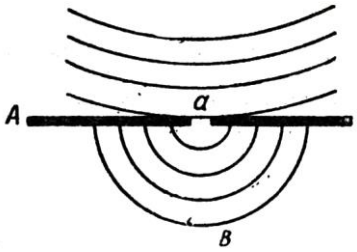
To'lqin frontining shakli to'lqinning tipini belgilaydi, masalan, fronti tekislikdan iborat bo'lgan to'lqin yassi to'lqin deyiladi va hokazo.

Tebranishlar tarqalayotgan yo'nalishlar nurlar deyiladi. Izotrop muhitda nurlar to'lqin frontiga tik bo'ladi; to'lqin fronti sferadan iborat bo'lganda nurlar radiuslar bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

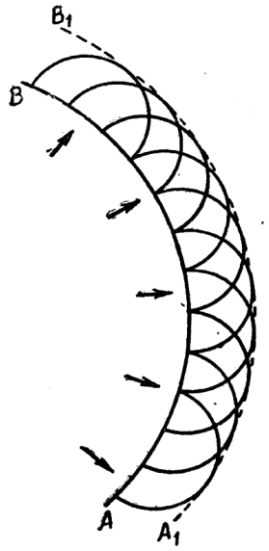
3. Gyuygens printsipi.

Vaqtning biror paytidagi to'lqin fronti ma'lum bo'lganda, undan keyingi paytga tegishli bo'lgan to'lqin frontini yasash metodiga ega bo'lish turli masalalarni yechish uchun juda muhimdir. Bunday metodni Gyuygens 1690 yilda bergan edi; u Gyuygens printsipi deyiladi.

Gyuygens o’z printsipining qatiy isbotini bergan emas; Gyuygens printsipining to’g’riligi faqat yasash natijalarini tajribalar bilan taqqoslab ko’rishdan kelib chiqar edi. Ancha vaqt o’tgandan keyin Gyuygens metodining to’g’riligi umumiy elastiklik nazariyasi asosida isbot qilindi. Gyuygens metodining g’oyasini birmuncha tushunib olish uchun, quyidagi tajribani ko’raylik. Suv sirtida ixtiyoriy shakldagi to’lqin tarqalmoqda, deb faraz qilaylik. Bu to’lqinning yo’liga A to’siqni qo’yamiz; bu to’siqda o’lchamlari to’lqin uzunligi λ ga nisbatan juda kichik bo’lgan *a* teshik bo’lsin (267-rasm). To’lqin A to’siqqa yetgach undan qaytadi, to’siqdagi *a* teshik esa to’siqning ikkinchi tomoniga tarqaluvchi to’lqinlarning manbai bo’lib xizmat qiladi. Bunda, to’siqqacha bo’lgan to’lqinning shakli qanday bo’lishidan qat’iy nazar, to’siqdan yarim halqa shaklidagi B to’lqinlar tarqala boshlaydi. Teshik go’yo yangi tebranish markazi bo’lib, undan tebranishlar hamma tomonlarga tarqala boshlaydi. Bu tajriba, muhitning to’lqin fronti borib yetgan har bir nuqtasini yangi tebranish manbai deb qarash mumkin, degan fikrga olib keladi.



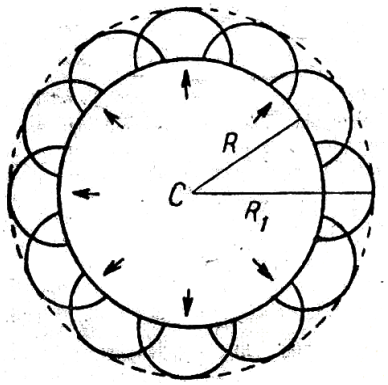
267-rasm. To’siqdagi kich-kina teshik to’lqin-larning yangi manbai bo’ladi



268-rasm. To’lqin yangi frontining Gyuygens bergan sxemasi

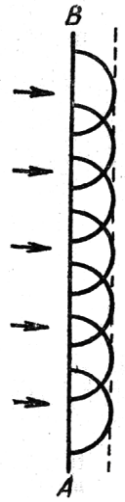
Gyuygens printsipining mohiyati mana shundan kelib chiqadi. Faraz qilaylik, biror paytda strelkalar bilan ko’rsatilgan yo’nalishda kelgan AB to’lqin fronti ma’lum bo’lsin (268-rasm). *t* vaqt o’tgandan keyingi paytga tegishli bo’lgan yangi frontni yasash uchun, eski frontning har bir nuqtasini oldingi tarqaluvchi tebranishlarning mustaqil markazi deb qarash kerak. Har bir nuqtadan elementar to’lqin sirtlarini chizamiz, bu sirtlar $r = Vt$ radiusli yarim sferik sirtlar bo’ladi. Hamma elementar to’lqin sirtlarining A_1B_1 o’rovchisi yangi to’lqin frontini beradi.

Xususiy hollarda to’lqin sirtlarini yasashga Gyuygens metodini tatbiq qilamiz. To’lqin vaqtning biror paytida R radiusli sfera shakliga ega bo’lsin (269-rasm) va tebranishlar markazidan tarqalayotgan bo’lsin; frontning har bir nuqtasi atrofida yarim sferik shakldagi elementar to’lqin sirtlarini chizamiz. Bu elementar yarim sferik sirtlarning o’rovchisi R_1=R+Vt radiusli sferik sirt bo’ladi. Nurlar, yuqorida aytib o’tilganidek, markazdan radiuslar bo’yicha yo’nalgan bo’ladi. Sferik to’lqin tarqalayotib, kattalasha boruvchi radiusli sfera shakliga ega bo’ladi; radius juda ham katta bo’lganda to’lqin frontining bir qismini yassi deb hisoblash mumkin. 270-rasmda AB to’lqinning yassi frontining bir qismi tasvirlangan. Bu frontning barcha nuqtalarini mustaqil tebranishlar deb qarab, ular atrofida elementar yarim sferalar chizsak, AB tekislikka parallel tekislik shaklida o’rovchi sirt hosil bo’ladi. Nurlar, ya’ni tebranishlar tarqalayotgan yo’nalishlar front tekisligiga tik to’g’ri chiziqlardir. Bundan, yassi to’lqin bir izotrop muhitda



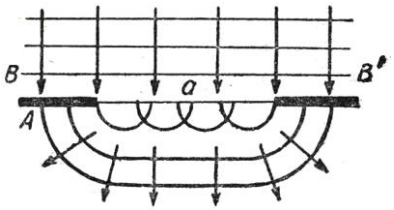
269-rasm. C markazdan tarqaluvchi sferik to’lqin uchun Gyuygens sxemasi

tarqalayotganida yassi to'lqinligicha qolaveradi, degan xulosaga kelamiz; nurlar parallel to'g'ri chiziqlar dastasidan iborat bo'ladi. Bir jinsli izotrop muhitda ko'chib borayotgan to'lqin fronti geometrik jihatdan hamma vaqt o'z-o'ziga o'xshash bo'lib qoladi.



270-rasm. Yssi to'lqin uchun Gyuygens sxemasi

Endi, yassi to'lqinning tarqalish yo'lida A to'siq qo'yilgan bo'lsa va bu to'siqda o'lchamlari to'lqin uzunligi λ dan katta bo'lgan *a* teshikcha bo'lsa (271-rasm), qanday hodisa ro'y berishini ko'raylik. *BB'* yassi front A to'siqqa yetgach undan qaytadi, *a* teshikchaning nuqtalari esa mustaqil tebranish manbalari bo'lib qoladi. Har bir nuqta atrofida elementar yarim sferik to'lqin sirti hosil bo'ladi; bu to'lqin sirtlarining o'rovchisi teshikcha orqasidagi to'lqin frontini beradi. 271-rasmdan, teshik orqasidagi bu front endi yassi bo'lmasligi, faqat uning o'rta qismigina dastlabki frontga parallel bo'lishi ko'rinib turibdi; frontning chetlari qayrilgan bo'ladi-nurlar o'zlarining dastlabki yo'nalishlarini o'zgartiradi.



271-rasm. To'siqdagi teshik-dan o'tgan to'lqinning qay-rilishi (to'lqinlar difraktsiyasi)

Nurlarning diffraktsiya deb ataladigan bunday qayrilishini to'la hisobga olish uchun, teshikchaning ayrim nuqtalaridan keluvchi tebranishlarni, ularning fazalarini hisobga olgan holda qo'shish kerak bo'ladi. Diffraktsiyani keyinchalik mukammalroq tekshiramiz. Teshikcha qancha kichik bo'lsa, nurlarning qayrilishi shuncha kuchli bo'ladi. Agar *a* teshikchaning o'lchami to'lqin uzunligidan kichik bo'lsa, teshikcha yakka tebranish markazi bo'lib qoladi va Gyuygens printsipini asoslashda ishlatilgan tajribadagi kabi (267-rasm), bu manbadan yarim sferik to'lqin tarqala boshlaydi.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

To'lqin jarayoni, bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar, elastic to'lqinlar, to'lqin maydoni, to'lqin fronti, sferik to'lqinlar, to'lqin tarqalish tezligi, to'lqin uzunligi, to'lqinning harakat tenglamasi, fazaviy va guruhli tezlik.

Nazorat savollari

1. Tebranma harakatning tarqalishi qanday yuz beradi?
2. Qanday to'lqinlarga ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlar deyiladi?
3. Yassi va sferik to'lqinlarni izohlang?
4. To'lqin uzunligi va fazaviy tezlik o'zaro qanday bog'langan?
5. To'lqin son va to'lqin paketi nima?
6. Fazaviy va guruhli tezliklarni tushuntiring?
7. To'lqin tenglamasini izohlang?

Asosiy adabiyotlar

1.O.Axmadjonov. Fizika kursi, 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 fizika kursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.
8.Nuomonxo‘jaev A.S. Fizika kursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.

23-ma’ruza. Akustika elementlari. Tovush parametrlari: kuchi, balandligi,tembri. Tovush bosimi. Tovush intensivligi.Tovush kuchi (qattiqligi) birliklari: bell va detsibell.Doppler effekti. Ultratovush va uni hosil qilish usullari; pezoeffekt, magnitostriksiya. Ultratovushning qo’llanilishi.

Reja:

1. **Tovush tebranishlari va ularning tarqalishi.**
2. **Tovush to’lqinlarining interferentsiyasi.**
3. **Tovushlarni qabul qilish.**
4. **Tovush manbalari. Ul’tratovushlarni hosil qilish.**

Tovush tebranishlari va ularning tarqalishi. Havoda tebranishlar, har qanday boshqa gazlarda bo’lganidek, bo’ylama to’lqinlar ko’rinishida tarqaladi. Chastotasi 1 sekundda taxminan 20 tebranishdan 20 000 tebranishgacha bo’lgan intervalda yotgan tebranishlar bizning eshitish organimizga — qulog’imizga yetgach, maxsus tovush sezgisini hosil qiladi.

Chastota birligi qilib 1 sekundda bir tebranish yuz beradigan tebranma protsessning chastotasi qabul qilingan; bu chastota birligi nemis fizigi Gertsning ismi bilan gerts (qisqartirilgan belgisi gts) deb ataladi. Masalan, 1 sekundda 2 tebranish yuz beradigan tebranma protsessning chastotasi 2 gts bo’ladi, 1 sekundda 10 tebranish yuz beradigan tebranma protsessning’ chastotasi esa 10 gts bo’ladi.

Shunday qilib, chastotasi 20 gts dan 20 000 gts gacha intervalda bo’lgan tebranishlarning tovush sezgisini hosil qilish xossasi bordir va shu belgi bo’yicha ularni maxsus gruppaga, tovush tebranishlari yoki akustik tebranishlar gruppasiga ajratish mumkin; bu tebranishlar qisqagina tovush deb ham ataladi.

20 gts bilan 20 000 gts oraligidagi chastotalarga ega bo’lgan tebranma protsesslarni yuqoridagicha ajratib olish kishi eshitish organining faqat mana shunday chastotali tebranishlarnigina qabul qilishdan iborat bo’lgan fiziologik xususiyati bilan bog’liqdir. Fizik nuqtai nazardan esa masalan, 10 gts li yoki 30000 gts li tebranishlar bilan 20 gts li yoki 20000 gts li tebranishlar orasida hech qanday maxsus farq yo’q. Shuning uchun fizikada, odatda, “tovush tebranishlari” deganda umuman gazlarda, suyuqliklarda va qattiq jismlarda to’lqin protsessi ko’rinishida tarqaluvchi yoki bu

jismlarning chekli sohalarida turg'un to'lqinlar hosil qiluvchi elastik tebranishlar tushuniladi. Chastotasi 20000 gts dan oshiq bo'lgan elastik tebranishlarni ul'tratovush deb atash qabul qilingan. Chastotasi 20 gts dan kichik bo'lgan elastik tebranishlar infratovushlar deb ataladi.

Tovush to'lqinlari tarqaladigan asosiy muhit havo bo'lgani uchun, elastik bo'ylama to'lqinlarning gazlarda tarqalish tezligi masalasini tekshiramiz.

Bo'ylama elastik to'lqinlarning tutash muhitda tarqalish tezligining quyidagi ifodasi quyidagicha

$$\upsilon = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bunda E – muhitning Yung moduli, ρ – uning zichligi. Ta'rif bo'yicha, deformatsiyalanadigan elastik sterjen uchun Yung moduli:

$$E = \frac{p_n}{\frac{\Delta L}{L}},$$

bunda p_n — kuchlanish, ya'ni son jihatdan sterjen ko'ndalang kesimining birlik yuziga to'g'ri keladigan kuchga teng bo'lgan kattalik; $\Delta L / L$ – nisbiy uzayish. Gaz ustuni uchun p_n o'rniga gazning siqilishiga sabab bo'layotgan qo'shimcha Δp bosim olinishi kerak. Chiziqli nisbiy deformatsiya $\Delta L / L$ o'rniga hajmning nisbiy deformatsiyasi $\Delta V / V$ olinishi mumkin, chunki biz, gaz ustuni o'zining ko'ndalang kesimini o'zgartirmagani holda o'z uzunligi bo'yicha siqiladi, deb hisoblaymiz. Shunday qilib,

$$E = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}} \qquad (2)$$

Bosim va hajm o'zgarishlarini cheksiz kichik deb hisoblab, ularni dp va dV orqali belgilaymiz. Shu bilan birga, bosim ko'payganda (dp musbat bo'lganda), hajmning kamayishini, ya'ni dV manfiy bo'lishligini e'tiborga olishimiz kerak. Shuning uchun (2) formulani quyidagicha yozamiz:

$$E = -\frac{dp}{\frac{dV}{V}}$$

yoki

$$E = -V\frac{dp}{dV}. \qquad (2a)$$

Tovush tebranishlari gazning siqili va siyraklashishlarini adiabatik protsesslar deb hisoblash mumkin bo'ladigan darajada tez yuz beradi, shuning uchun gaz holatining o'zgarishi Puasson formulasini qanoatlantiradi:

$$pV^{\gamma} = const$$

bunda γ – gazning o'zgarmas bosimdagi va o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imlarining nisbatidir: $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$. Puasson formulasini differentsiallaymiz:

$$V^{\gamma}dp + \gamma V^{\gamma-1}pdV = 0\text{, bundan } \frac{dp}{dV} = -\gamma\frac{p}{V}.$$

dp/dV ning bu qiymatini (2a) formulaga qo'yamiz; u holda quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$E = \gamma p$;

nihoyat, E ning bu qiymatini tovush tebranishlari tezligining (1) ifodasiga qo'yamiz:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} \qquad (3)$$

Bu yerdagi ρ zichlik o'rniga uning p bosim, gazning T temperaturasi va molekulyar og'irligi μ orqali quyidagi ifodasini qo'yamiz:

$$\rho = \frac{p\mu}{RT},$$

bunda R – gaz doimiysi; u holda

$$\upsilon = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}} \qquad (4)$$

ifoda hosil bo'ladi.

Demak, berilgan gazda tovush to'lqinlarining tarqalish tezligi absolyut temperatura T ning kvadratildiziga to'g'ri proportsional va gaz bosimi p ga bog'liq emas.

1 jadval

0^0C dagi gazlarda tovush tezligi

Gaz	**Tovush tezligi, m/sek larda**
Havo……	331
Kislorod……	315
Vodorod……	1263
Karbonat angidrid……	258

Birday sharoitdagi turli gazlarda tovush tezligi ularning molekulyar og'irliklaridan olingan kvadrat ildizga teskari proportsionaldir.

0^0C temperaturadagi ba'zi gazlarda tovush tezligining qiymatlari 1 jadvalda keltirilgan. Vodorodda tovush tezligining katta qiymatga ega bo'lishligiga molekulyar og'irligining kichik bo'lishi sabab bo'ladi.

Tovush to'lqinlarining atmosferada tarqalishida atmosferaning bir jinsli emasligi katta rol o'ynaydi. Tovush tezligi havoning temperaturasiga va namlik darajasiga bog'liqdir. Tovush to'lqinlarining tarqalish tezligiga shamol ham ta'sir qiladi. Nihoyat, ikki muhitda ikki xil tezlik bilan tarqalayotgan to'lqinlar bu ikki muhitning chegarasidan qaytadi. Tovushlarning bulutlardan va tuman chegarasidan qaytishini kuzatish mumkin.

Shamolga qarshi boruvchi tovushlarga qaraganda, shamol yo'nalishida boruvchi tovushlar yaxshiroq eshitilishini hamma biladi. Bu hodisaga shamol tezligining o'zi

emas, bu tezlikning gradienti sabab bo'ladi, chunki shamolning tezligi, odatda, tovush tezligidan juda kichik bo'ladi. Shamolning yer yuziga yaqin joylardagi tezligi yuqoriroqdagiga qaraganda kichikroq bo'ladi. Buning natijasida shamolga qarshi boruvchi tovush nurlari yuqoriga qayriladi. Shamolga qarshi boruvchi tovushning yomon eshitilishiga tovush nurlarining kuzatuvchi boshi ustidan o'tib ketishi sabab bo'ladi.

Havo temperaturasining gradienti mavjud bo'lganda ham shunga o'xshash hodisa ro'y beradi. Sovuq havoga qaraganda issiq havoda tovush tezroq tarqaladi. Bundan, agar yer yuzidan uzoqlashgan sari temperatura pasaya boradigan bo'lsa, tovush tezligi balandlik oshgan sari kamaya boradi va tovush nurlari yuqoriga qayriladi, degan xulosa kelib chiqadi. Bu hol issiq quyoshli kun o'rtasida mavjud bo'ladigan temperatura gradientiga mos keladi; bu vaqtda yerning sirti juda qizigan bo'ladi. Bunday sharoitda tovush yaxshi eshitilmaydi. Kechqurun havo ochiq bo'lganda yer juda tez soviydi hamda havoning yerga yaqin qatlamlarini sovitadi. Havoning temperaturasi balandlik bilan osha boradi, buning natijasida tovushning yuqoriga boruvchi nurlari pastga qayriladi. Kechqurunlari tovushning yaxshi eshitilishiga shu narsa sabab bo'ladi.

Nihoyat, kuchli tovushlarning, masalan, portlash vaqtida hosil bo'ladigan tovushlarning uzoq masofalarga tarqalishi vaqtida jimjitlik sohasi deb ataladigan sohalarning vujudga kelishiga atmosferaning bir jinsli emasligi sabab bo'ladi. Portlashning tovushi ancha yaqin masofalarda va, shuningdek, juda uzoq masofalarda (yuzlab kilometrlarda) eshitiladi, ular orasida esa portlashning tovushi eshitilmaydigan soha yotadi.

Tovush tezligining (4) ifodasiga issiqlik sig'imlarning nisbati $\gamma = C_p / C_V$ kiradi; bu esa, tovush tezligini o'lchash yo'li bilan, gazlar uchun $\gamma = C_p / C_V$ nisbatning son qiymatini aniqlash imkonini beradi.

Gazda tarqaluvchi tovush to'lqinining yana ba'zi xarakteristikalariga to'xtalamiz. Bo'ylama tovush to'lqini tarqalayotgan muhitning har bir berilgan nuqtasida siqilish va siyraklashishlar bir-birlarini almashtirib turadi. Demak, gazning bosimi boshlang'ich bosimdan goh yuqori, goh undan past bo'ladi. Bosimning normal bosimdan eng katta farqi tovush amplitudasi deb ataladi; bu amplituda odatda barlarda o'lchanadi.

To'lqindagi bu qo'shimcha bosim doim tebranib turgani uchun, uning o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladi. Biroq, juda kuchli to'lqinlar uchun siljishning kvadratiga va yanada yuqoriroq darajalariga bog'liq bo'lgan effektlarni e'tiborga olish kerak bo'ladi. Bunday tebranishlar chiziqli bo'lmagan tenglamalar orqali ifodalanadi va shuning uchun chiziqli bo'lmagan tebranishlar deb ataladi. Chiziqli bo'lmagan tebranishlar uchun o'rtacha bosim nolga teng emas. Bunday tovush to'lqini biror to'siqqa urilib undan qaytganda, to'siqqa bosim beradi. Nazariyaning ko'rsatishicha, bu tovush bosimining kattaligi

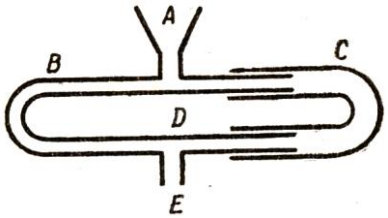
$$p = \frac{1}{2}\bar{\varepsilon}'(\gamma + 1)$$

bo'ladi; bunda $\bar{\varepsilon}'$ — to'siq yonida hosil bo'ladigan turg'un to'lqindagi energiyaning o'rtacha zichligi: γ – issiqlik sig'imlarining C_p / C_V nisbati.

Tovush bosimi mashhur rus fizigi P.N.Lebedevning (1866–1912) laboratoriyasida tajriba yo'li bilan o'rganilgan. Lebedev to'lqinlarning yutilishi va qaytishi vaqtida ta'sir qiladigan bosim haqidagi umumiy masala bilan shug'ullangan.

Tovush to'lqinlarining interferentsiyasi. Tovush to'lqinlarida xarakterli interferentsiya hodisalarini ko'rish osondir. Tovush interferentsiyasiga oid eng sodda tajriba sxematik ravishda 287-rasmda tasvirlangan truba yordamida amalga oshiriladi. Tovush manbai trubaga o'rnatilgan A voronka oldiga qo'yiladi. So'ng truba tarmoqlanib, ABD va ACD ikkita tirsakni hosil qiladi. ACD tirsak bir-birining ichiga kiruvchi trubalardan iborat; uni uzaytirish va kalta qilish mumkin. Tovush to'lqinlari trubaning *E* uchiga ikki yo'l bo'yicha: ABD tirsak hamda ACD tirsak bo'yicha keladi. Tirsaklar uzunligi birday bo'lmaganda *E* nuqtaga turli tirsaklar bo'yicha kelgan to'lqinlarning bosib o'tgan yo'llari orasida $r_2 - r_1$ farq bo'ladi. Agar bu farq juft sondagi yarim to'lqinlarga teng bo'lsa, ya'ni $r_2 - r_1 = 2k\frac{\lambda}{2}$ bo'lsa (bu yerda *k* – butun son), tovush *E* nuqtada, bitta tirsakdan kelganiga qaraganda kuchayadi. Yo'llar orasidagi farq toq sondagi yarim to'lqinlarga teng bo'lsa, ya'ni $r_2 - r_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ bo'lsa, tovush susayadi.

Bu trubadan foydalanib, ma'lum manbadan chiqayotgan tovushning to'lqin uzunligini o'lchash mumkin. Buning uchun tovushning bir susayishidan ikkinchi susayishigacha C naycha qanchaga surilganini o'lchash kerak. Tirsak uzunligining o'zgarishi to'lqin uzunligi λ ni beradi. Tovush to'lqinlarining uzunligini mana shu usulda o'lchash interferentsiya hodisasiga asoslangandir, shuning uchun u interferentsiya usuli deb ataladi. 1-rasmda tasvirlangan truba optikada yorug'lik to'lqinlarining uzunligini o'lchash uchun ishlatiladigan interferometrlarning eng sodda xilidir.



1-rasm. Tovush interferensiyasini kuzatish uchun ishlatiladigan truba

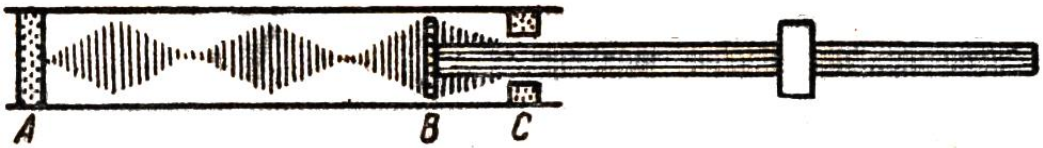
Amalda bunday trubadan foydalanib, faqat o'rta diapazondagi tovush to'lqinlarining uzunligini o'lchash mumkin, chunki chetki tovush to'lqinlariga juda ham uzun yoki juda ham qisqa to'lqinlar to'g'ri keladi. Haqiqatan ham, tovush tezligi V=331 m/sek bo'lgan havoda ν=20 gts chastotali eng sust tovush to'lqinlariga $\lambda = \frac{331}{20}$ m=16,5 m to'lqin uzunligi to'g'ri keladi; ν=2•10^4 gts chastotali eng tez tebranishlarga esa λ=1,65 sm to'lqin uzunligi to'g'ri keladi. O'rtacha ν=500 gts chastotaga λ=66,2 sm to'g'ri keladi.

Agar trubaning A voronkasiga murakkab tozush yuborilsa, yo'llar orasidagi $r_2 - r_1$ ayirmaning ma'lum bir qiymatida shu ayirmaning qiymati qaysi tebranishlar uchun toq

sondagi yarim to'lqinlarga: $\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$ va hokazolarga teng bo'lsa, o'sha tebranishlar susayadi. Natijada murakkab tebraniishing bir qator garmonik tashkil etuvchilari tushib qoladi va murakkab tebranishning xarakteri o'zgaradi. Shunday qilib, truba ma'lum chastotali tebranishlarga, nisbatan fil'tr vazifasini bajaradi.

Birday chastotali va birday amplitudali bir-biriga qarama-qarshi tarqaluvchi ikki to'lqinning interferentsiyasi interferentsiyaning xususiy holidir. Bu holda turg'un to'lqinlar hosil bo'lishligi ko'rsatilgan edi. Tovushning devordan qaytishida turg'un to'lqinlarning vujudga kelishini bevosita kuzatish mumkin. Buning uchun ma'lum to'lqin uzunligiga ega bo'lgan tebranishlarni tarqatuvchi manbadan foydalanish kerak; shu bilan birga, bu tebranishlarning to'lqin uzunligi qo'shni do'ngliklar orasidagi masofalar uncha katta bo'lmasligi uchun yetarlicha qisqa bo'lishi kerak. Quloqni devorga yaqinlashtirib va uzoqlashtirib, zichlikning eng keskin o'zgargan joylarida, ya'ni tugunlar hosil bo'lgan joylarda tovushning kuchayishini payqash mumkin.

Kundt turg'un to'lqinlarni kuzatishning juda ham ayoniy usulini taklif qildi. Shisha nayning ikki uchi A va C tiqinlar bilan zich berkitiladi (2-rasm). C tiqindagi teshikdan o'rtasi qisib qo'yilgan metall sterjen o'tkazilgan. Uning uchiga nay ichiga erkin kira oladigan po'kak disk B o'rnatilgan. Agar sterjenni kanifol sepilgan charm bilan ishqalab, unda bo'ylama tebranishlar vujudga keltirsak, unda turg'un to'lqin hosil bo'lib, uning tugunchasi sterjenning qisilgan joyida, do'ngliklari esa uning uchlarida bo'ladi.

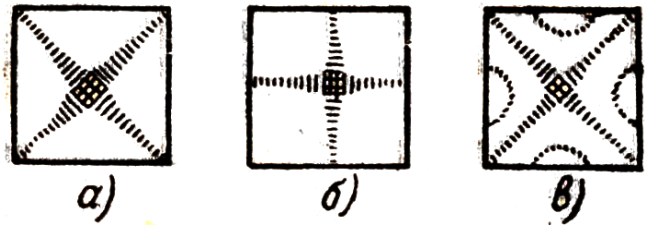


2-rasm. Turg'un to'lqinlarni kuzatish ustida Kundt tajribasi

Po'kak disk B tebrana boshlaydi va nay ichidagi havoni tebrantiradi. Nay bo'yicha oldinga borayotgan to'lqin nayning A uchidan qaytib orqaga ketayotgan to'lqin bilan interferentsiyalashadi. Agar nayning uzunligi bo'yicha butun sondagi yarim to'lqinlar joylasha oladigan bo'lsa, nayda turg'un to'lqin hosil bo'ladi va uning uchlarida siljishlarning tugunlari vujudga keladi. Nay ichiga sepib qo'yilgan po'kak qipiqlari to'lqinning do'ngligi hosil bo'lgan joylardan sochilib ketadi, lekin tugunlar hosil bo'lgan joylarda qipiqlar saqlanib qoladi. Buning natijasida tugunlar va do'ngliklar hosil bo'lgan joylarni bevosita ko'rish mumkin bo'ladi. Ikki qo'shni tugunlar (yoki do'ngliklar) orasidagi masofani o'lchash nayda hosil qilingan tovush to'lqini uzunligining yarmisini beradi. Demak, Kundt nayi ham tovush to'lqinlarining uzunligini o'lchash uchun xizmat qiladi.

Tugunlar va do'ngliklarning hosil bo'lishini tovush chiqaradigan plastinkalarda ham kuzatish mumkin. Bu holda biz tugun chiziqlarning vujudga kelishini ko'ramiz. Kuzatish uchun o'rtasidan mahkamlab qo'yilgan jez plastinka olinadi va unda kamoncha yordamida tebranish vujudga keltiriladi. Plastinkaga ozgina qum sepib qo'yiladi. Plastinka tebranganda qum do'ngliklardan otilib, tugun chiziqlar bo'yicha to'planadi. Plastinkada murakkab shakllar hosil bo'ladi, bu shakllarga qarab, tebranishning xilini bilib olish mumkin. Ba'zi xususiy hollar uchun bu shakllar 3-rasmda tasvirlangan. Tebranishlarning ko'rinishi kamoncha yordamida qo'zg'atilgan

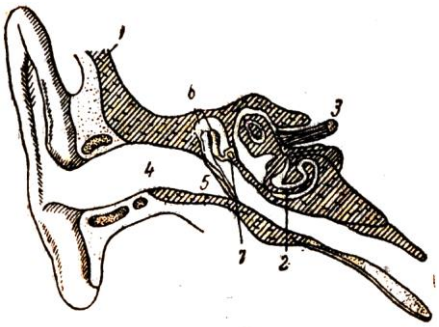
nuqtaga va, shuningdek, plastinkaga tegib turish nuqtasiga bog'liq bo'ladi. Qo'zg'atilgan nuqtada do'nglik hosil bo'ladi, tugun chiziq esa bizning barmog'imiz plastinkaga tegib turgan joyda plastinkaning chetiga keladi. Boshqa chiziqlar plastinkada simmetrik ravishda joylashgan bo'ladi. Agar barmoqni plastinkaning burchagiga tegizib turib, kamonchani plastinkaning biror tomoni o'rtasidan yurgizsak, 3-a rasmda tasvirlangan shakl hosil bo'ladi. Bu holda tugun chiziqlar diagonallar bo'yicha joylashgan. Agar biz, aksincha, plastinkaning yon cheti o'rtasiga barmoqni tegizib turib, plastinka burchagiga yaqin joydan kamonchani yurgizsak, ikkinchi shakl hosil bo'ladi (3-b rasm). Bir vaqtda plastinkaning bir burchagiga va bir tomoni o'rtasiga barmoqlarni tegizib turib, boshqa bir tomoni o'rtasidan kamonchani yurgizsak, tugun chiziqlarning murakkabroq joylashishi hosil bo'ladi (3-v rasm).



3-rasm. Tugun chiziqlari

Tugun chiziqlarning ko'rinishini o'rganish telefon va boshqa akustik asboblardagi membranalar tebranishining xarakterini aniqlashda amaliy ahamiyatga egadir.

Tovushlarni qabul qilish. Kishi tovushlarni o'zining eshitish organi – qulog'i orqali qabul qiladi; quloqning tuzilishi sxematik ravishda 4-rasmda tasvirlangan. Bosh suyagining chakka qismi 1 da maxsus organ – ulitka 2 bor. U suyakdagi kichkinagina kovakdan (hajmi 0,2 sm^3 ga yaqin) iborat bo'lib, uning ichi suyuqlik (limfa) bilan to'lgan bo'ladi. Ulitkaning ichida tolalardan iborat bo'lgan Korti organi joylashgan, bu tolalarga eshitish nervining uchlari 3 kelib ulanadi.



4-rasm. Kishi qulog'ining kesimi

Tolalarning uzunligi va tarangligi turlicha, shu sababli ularga turli rezonans chastotalari to'g'ri keladi. Tovush tebranishlari eshitish kanali 4 orqali quloq pardasi 5 ga borib yetadi, so'ng eshitish suyakchalari sistemasi 6 orqali ulitka kovagiga olib boradigan oval teshikcha 7 ga uzatiladi. Ma'lum chastotali tovush ta'sir qilganda, Korti organining ma'lum tolalari rezonans tebranishga keladi va qo'zg'alishni miyaga uzatadigan nerv uchlaridan o'sha chastotaga mos keladiganini qo'zg'atadi. Murakkab tovush ta'sir qilganda, bir necha nerv uchlari qo'zg'aladi, shuning natijasida kishi murakkab tovushning tashkil etuvchilarini bir-biridan ajratib qabul qilishi mumkin.

Kishilarda juft eshitish organining mavjudligi tovush to'lqinlarining tarqalish yo'nalishini aniqlash imkonini beradi (binaural effekt). Miya markazlarining ikkala quloqqa kelayotgan tebranishlarning fazalari orasidagi farqni hisobga olish qobiliyatiga

ega bo'lganligi tufayli, kishi tovush to'lqinlarining yo'nalishini seza oladi. Tovush chastotasi juda katta bo'lganda, kishi tovushning yo'nalishini har ikki quloqdagi tovush amplitudalarining farqi natijasida sezishi mumkin. Kishilar tovushni shaxsan qabul qilganlarida, uning uchta xarakteristikasini: 1) tovush yuksakligini, 2) tovush tembrini, 3) tovush qattiqligini farq qiladilar.

Tovushning yuksakligi uning chastotasiga bog'liq: chastota qancha katta bo'lsa, tovush shuncha yuksak bo'ladi.

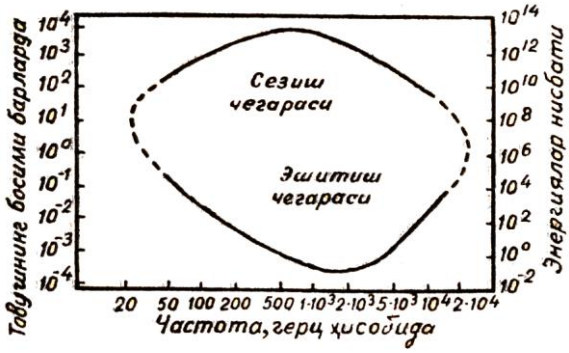
Tovush tembri tebranishlarning xarakteriga bog'liq: juda kam hollardagina tovush tebranishi sof garmonik tebranishdan iborat bo'ladi, ko'pincha u murakkab xarakterga ega bo'ladi. Bu tebranishning tarkibi tovush tembrini aniqlaydi.

Ob'ektiv qattiqlik yoki boshqacha aytganda, tovush kuchi, tarqalayotgan tovush to'lqinning yo'nalishiga tik qo'yilgan birlik yuz orqali bu to'lqinning birlik vaqt ichida olib o'tgan energiya miqdori bilan aniqlanadi.

To'lqinning birlik vaqt ichida birlik yuz orqali olib o'tadigan energiyasi to'lqin amplitudasining kvadratiga va chastotasining kvadratiga proportsionaldir. Bunda ma'lum yuksaklikka ega bo'lgan tovushning kuchi amplitudaning kvadratiga proportsional bo'lishligi kelib chiqadi. Biroq tovush kuchining bunday ob'ektiv baholanishi qattiqlikning bevosita sezishga asoslangan sub'ektiv baholanishiga mos kelmaydi. Bunga qulog'imizning turli yuksaklikka ega bo'lgan, ya'ni turli chastotali tovushlarga nisbatan birday sezgir emasligi sabab bo'ladi.

Tovush to'lqini tovush sezgisini hosil qilishi uchun, bu tovushning kuchi eshitish chegarasi deb ataladigan minimal kattalikdan ortiq bo'lishi kerak. Kuchi eshitish chegarasidan past bo'lgan tovushni quloq qabul qilmaydi; chunki u tovush sezgisini hosil qilish uchun zaiflik qiladi. Eshitish chegarasi turli chastotalar uchun turlichadir. Kishi qulog'i chastotasi 1000–3000 gts orasida bo'lgan tebranishlarga nisbatan juda sezgirdir; bu oraliq uchun eshitish chegarasi 10^{-8} erg/sm^2•sek ga yaqinlashadi. Bu chastotalardan pastroq va balandroq chastotali tebranishlarga nisbatan quloq kamroq sezgirdir. Chastotasi 20 gts dan kichik va 20000 gts dan ortiq bo'lgan tebranishlar har qancha kuchga ega bo'lsada, tovush sifatida qabul qilinmaydi.

Juda katta kuchga ega bo'lgan tebranishlar, ya'ni energiyasi yuz ming erg/sm^2•sek chamasida bo'lgan tebranishlar tovush bo'lib eshitilmaydi: ular quloqda bosim sezgisini hosil qiladi, so'ng bu sezgi og'riq sezgisiga aylanadi. Mana shu og'riq sezgisi tovushning kuchi qanday maksimal kuchdan oshganda hosil bo'ladigan bo'lsa, tovush kuchining bu maksimal kattaligi sezish chegarasi yoki og'riq sezish ostonasi deyiladi. Turli chastotalar uchun og'riq sezish chegarasi bir qadar turlicha bo'ladi. Eshitish chegarasi bilan og'riq sezish chegarasi orasida 5-rasmda tasvirlangan eshitish sohasi yotadi.



5-rasm. Eshitish sohasi

Tovushning sub'ektiv qattiqligining miqdorini aniq o'lchash mumkin emas. Lekin shunday bo'lsada, Veber–Fexner psixofizik qonuniga asosan, sezishning intensivligini baholash mumkin. Bu qonunga ko'ra, sezish intensivligining o'zgarishi taqqoslanayotgan sezgilarni vujudga keltiruvchi ko'zg'atgichlar energiyalari nisbatining logarifmiga proporsionaldir. Bu logarifmik qonunga asosan tovush kuchi balandligining shkalasi belgilanadi. Eshitish chegarasidagi tovush kuchi balandligi I_o ni nol balandlik deb olish tabiiydir. Shartli ravishda, nol balandlik deb $I_o = 10^{-9}$ erg/sm^2•sek, ya'ni 1000 gts uchun eshitish chegarasidan ozgina pastroqda bo'lgan balandlik qabul qilingan.

U holda, Veber–Fexner qonuniga ko'ra, biror tovushning L qattiqligi shu tovush I kuchining o'sha tovushning eshitish chegarasidagi I_o kuchiga nisbatining logarifmiga proportsionaldir:

$$L = k \lg \frac{I}{I_0}, \qquad (1)$$

bunda k – proportsionallik koeffitsienti. Bu yerdagi L kattalikni odatda tovush kuchining balandligi deb ataydilar. Agar k=1 deb olsak, bu bilan biz tovush balandliklarini o'lchash uchun aniq birlik qabul qilgan bo'lamiz; bu birlik bel deb ataladi.

Shunday qilib,

$$L = \lg \frac{I}{I_0} \text{ bel.} \qquad (2)$$

Bel lar bilan bir qatorda ulardan 10 marta kichik birliklar ham ishlatiladi; bu kichikroq birliklar detsibel lar deyiladi. Shu ta'rifga ko'ra:

$$L = 10 \bullet \lg \frac{I}{I_0} \text{ detsibel.}$$

Odatdagi tovushlar uchun tovush kuchi balandligining taqribiy qiymatlari keltirilgan 2 jadval tovush qattiqligining xarakteristikasi haqida aniq tasavvur hosil qilish imkonini beradi. Biroq, quloq sezgirligining tovush chastotasiga bog'liqligini nazarda tutish kerak.

2 jadval

Turli tovushlarning balandliklari

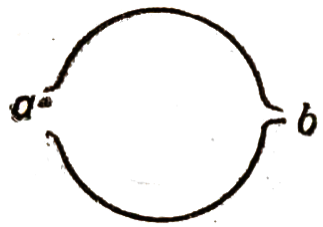
Tovush	Balandlik, detsibel larda	Tovush kuchi $\frac{erg}{sm^2 \bullet sek}$	Bosim amplitudasi, bar larda

Sekin shivirlash……..	30	$1 \cdot 10^{-6}$	$6{,}4 \cdot 10^{-3}$
Qadamlar tovushi……...	40	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Kattiq nutq…….	70	$1 \cdot 10^{-2}$	0,4
To'polon ko'chaning shovqini……...	90	1	6,4
Fortissimo orkestr……..	100	$1 \cdot 10^{1}$	$2{,}0 \cdot 10$
Aeroplan motori tovushining 3 m masofadan eshitilishi……	130	$1 \cdot 10^{4}$	$1 \cdot 10^{3}$

2 jadvaldan odatdagi tovushlarning energiyalari juda ham kichik bo'lishligi ko'rinib turibdi. Buni yaqqol ko'rsatish uchun quyidagi qiziq misolni keltirish mumkin: agar 2000 kishi $1^1/_2$ soat davomida to'xtovsiz gapirib tursalar, ular tovushlarning energiyasi bir stakan suvni qaynatishgagina yetar edi.

Tovush tembrini ob'ektiv ravishda xarakterlash uchun, murakkab tovush tebranishini garmonik tashkil etuvchilarga ajratish, ya'ni uning spektrini aniqlash kerak. Bunday ajratishni rezonans hodisasidan foydalanib bajarish mumkin. Agar xususiy tebranishlar chastotasi birday bo'lgan ikkita kamertonni bir-biridan biror uzoqlikda joylashtirib, birida kuchli tebranishlar hosil qilinsa, ikkinchisida ham kuchsizroq tebranishlar hosil bo'ladi. Bunga ishonish uchun birinchi kamertonning tebranishlarini to'satdan, masalan, uni qo'l bilan ushlab, to'xtatish kerak. U vaqtda ikkinchi kamertonning kuchsiz tovushi eshitiladi. Agar ikkinchi kamertonning xususiy tebranish chastotasidan farqli bo'lsa, bu hodisa kuchsizroq namoyon bo'ladi; xususiy tebranish chastotalari orasidagi farq qancha katta bo'lsa, bu hodisa shuncha kuchsiz namoyon bo'ladi. Bu hodisaga birinchi kamertondan chiqqan tovush to'lqinining ikkinchi kamertonga borib tegib, unda majburiy tebranishlar uyg'otishi sabab bo'ladi. Majburiy tebranishlar amplitudasi rezonans vaqtida eng katta qiymatga ega bo'ladi. Ikkinchi kamerton tebranishlarining so'nishi kichik bo'lganda, amalda rezonans har ikki kamertonning xususiy tebranish chastotalari birday bo'lganda vujudga keladi va rezonans hodisasi ancha o'tkir bo'ladi. Rezonansga asoslanib, murakkab tovush tebranishini quyidagicha analiz qilish mumkin: so'nishi kichik bo'lgan va turli xususiy tebranish chastotalari ω_i ga ega bo'lgan juda ko'p kamertonlar olamiz, U holda, murakkab tovush tebranishi, shu murakkab tebranish tarkibida bor tebranishlarning ω_k chastotalariga teng ω_i xususiy tebranish chastotalariga ega bo'lgan kamertonlardagina sezilarli amplitudali majburiy tebranishlar hosil qiladi.

Tovushni analiz qilishda kamertonlar o'rnida xususiy tebranishlar chastotasi ma'lum bo'lgan va so'nishi kichik bo'lgan ixtiyoriy sistemalardan foydalanish mumkin. Tovushlarni birinchi marta analiz qilgan Gel'mgol'ts havoli kovak rezonatorlardan foydalangan. Bunday rezonator yupqa metall sferadan iborat bo'lib, uning ikkita: kattaroq a va kichikroq b teshigi bo'ladi (6-rasmda rezonatorning kesimi berilgan). Tovush tebranishlari rezonator hajmi ichiga asosiy a teshik orqali kiradi. Kichik b teshik esa quloqqa qo'yilib, majburiy tebranishlarning intensivligi bevosita eshitish orqali aniqlanadi.



6-rasm. Havoli kovak resonator.

Gel'mgol'ts rezonatorlarining xususiy tebranish chastotasi ω_0, taqriban,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{d}{V}},$$

bunda d – asosiy a teshikning diametri, V–rezonator kovagining hajmi.

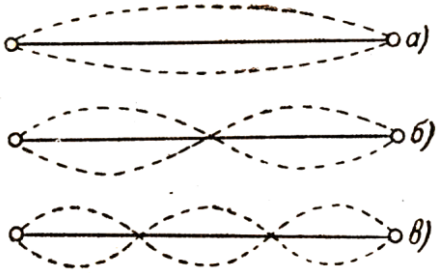
Tekshirilayotgan murakkab tovush tebranishining tarkibiga kirgan biror sodda tonning chastotasi qaysi rezonatorning tebranish chastotasi ω_0 ga yaqin bo'lsa, o'sha rezonatorda eng kuchli tebranishlar vujudga keladi.

Demak, ketma-ket bir necha rezonatorlar orqali "eshitib" va ularda vujudga kelgan majburiy tebranishlarning qattiqliklarini taqqoslab, murakkab tovushning spektrini aniqlash mumkin.

Hozirgi zamon texnikasi tovushlarning tarkibini ancha takomillashgan elektroakustik usullar yordami bilan aniqlash imkonini beradi. Ammo bu usullar ham majburiy tebranishlarini kuzatish printsipiga asoslangandir.

Tovush manbalari. Ul'tratovushlarni hosil qilish. Har qanday tebranuvchi jism uni o'rab olgan muhitda tarqaluvchi elastik to'lqinlarning, ya'ni tovushning manbai bo'lishi mumkin. Radio va ovozli kinoning (ularda radiokarnaylardan foydalaniladi) rivojlanishida, shuningdek, musiqa asboblarining nazariyasi va texnikasini taraqqiy ettirishda tovush manbalarini o'rganish alohida ahamiyatga egadir. Biroq, bu maxsus masalalarga biz to'xtalmaymiz va faqat ba'zi eng sodda tovush manbalari bilan tanishamiz.

Ikki uchi mahkamlangan l uzunlikdagi torni olaylik. Agar bu tor tebratilsa, unda turg'un to'lqin hosil bo'ladi. Mahkamlangan joylarda, ya'ni torning uchlarida turg'un nuqtalari joylashadi; torning o'rtasida do'nglik hosil bo'ladi (7-a rasm).

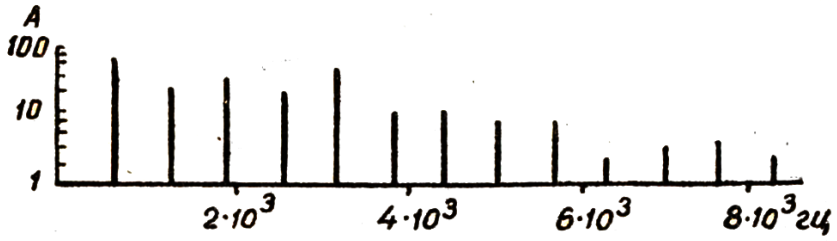


7-rasm. Uchlari mahkamlangan tordagi turg'un to'lqinlar

Bu tebranish ma'lum ω_1 chastotaga ega bo'ladi. Lekin torda bundan tashqari uch tugunli turg'un to'lqin hosil bo'lishi ham mumkin: torning uchlarida ikki tugun va torning o'rtasida yana bir tugun (7-b rasm). Bu tebranishning ω_2 chastotasi birinchi tebranishning ω_1 chastotasidan ikki marta katta bo'ladi. Xuddi shuning kabi to'rt tugunli va $\omega_3 = 3\omega_1$ chastotali turg'un to'lqinlar (7-v rasm) va, umuman, k+2 tugunli

(torning mahkamlangan uchlaridagi tugunlar ham kiradi) va $\omega_k = (k+1)\omega_1$ chastotali turg'un to'lqinlar hosil bo'lishi mumkin.

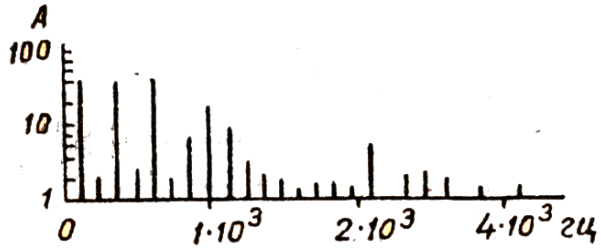
Demak, ma'lum bir tor faqat ω_1 asosiy chastotaga ega bo'lgan tovush tebranishlarinigina tarqatmay, shu torning o'zi yana obertonlar deb ataladigan va chastotalari $\omega_k = (k+1)\omega_1$ bo'lgan tovush to'lqinlarini ham tarqata oladi (bu yerda k – butun son). Umuman aytganda, tor tebranayotgan bir vaqtda bir necha turg'un to'lqinlar vujudga keladi va, shunday qilib, tor asosiy chastota bilan bir qatorda, kuchi asosiy chastota tebranishi kuchidan ancha kichik bo'lgan obertonlarni ham tarqatadi. Bunday gruppaning tebranishlar spektri ω_1, $2\omega_1$, $3\omega_1$, ... chastotalarga mos bo'lgan chiziqchalardan iborat bo'ladi.



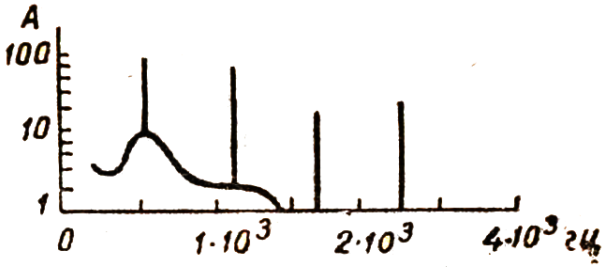
8-rasm. Asosiy toni 640 gts bo'lgan skripkaning akustik spektri

8-rasmda asosiy toni 640 gts bo'lgan skripkaning akustik spektri tasvirlangan. 9-rasmda asosiy toni 64 gts bo'lgan klarnetning spektri, 10-rasmda esa royalning spektri ko'rsatilgan (256 gts); bu rasmda chiziqli spektr bilan bir qatorda tutash spektr sohasi ham borligi ko'rinib turibdi.

Turli shovqinlar faqat tutash akustik spektrgagina ega bo'ladi.



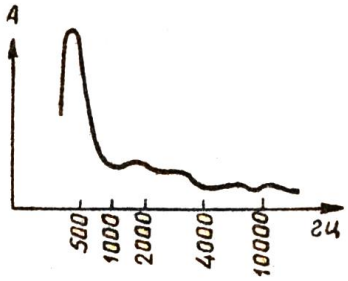
9-rasm. Asosiy toni 64 gts bo'lgan klarnetning akustik spektri.



10-rasm. Asosiy toni 256 gts bo'l gan royalning akustik spektri.

Misol uchun, 11-rasmda bunzen gorelkasi shovqinining spektri keltirilgan.

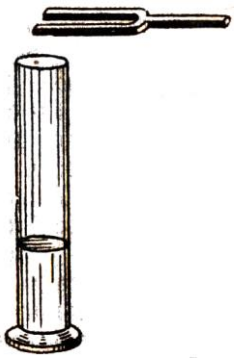
Tovush qattiqligi tovush chiqarayotgan sistema tebranishlarining amplitudasiga bog'liqdir. Biroq, ba'zi hollarda tovush manbai, hatto katta amplitudalarda ham, kuchli tovush bermaydi. Masalan, torni ikki qattiq qisqich orasida tortilsa va chertilsa, faqat kuchsizgina tovush eshitiladi. Shuningdek, kamertonni qo'lda ushlab turib urilsa ham tovush deyarli eshitilmaydi.



11-rasm. Bunzen gorelkas i shovqinining akustik spektri.

Bunga shu ko'rsatilgan hollarda tebranuvchi tor va kamertonning o'z atrofidagi havoda faqat yopiq uyurma oqimlargina hosil qilishi sabab bo'ladi va bu hollarda havoning bo'ylama tovush to'lqinlarnni vujudga keltiradigan siqilishlari va siyraklanishlari ro'y bermaydi. Tebranuvchi sistema atrofidagi havo bilan yetarli aloqada bo'lmagani uchun, sistema atrofga juda kuchsiz to'lqinlar tarqatadi. To'lqinlar tarqalishini kuchaytirish uchun uyurmali harakatlarning vujudga kelishini qiyinlashtiradigan sharoit yaratish kerak. Shu maqsadda kamertonlar, ularning tovushi kuchli bo'lishi uchun, yog'och quticha ustiga o'rnatiladi; musiqa asboblarida (skripka, violonchelda) esa torlar yog'och sirtlarga – dekalarga mahkamlanadi. Torning tebranishlari dekaning katta sirtiga beriladi, ular atrofida esa havoning yopiq oqimlari hosil bo'la olmaydi. Deka atrofida siqilish va siyraklanish to'lqinlari hosil bo'lib, kuchli tovushni vujudga keltiradi. Royalning qopqog'i ham xuddi shu rolni o'ynaydi.

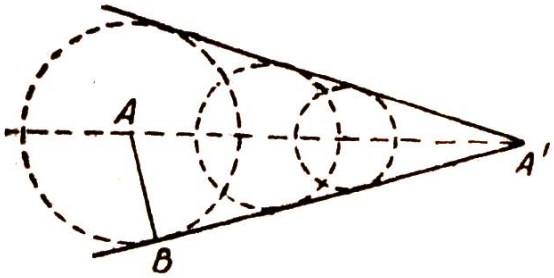
Sistemalar rezonanslanganda tovush qattiqligining ortishiga ham to'lqinlar tarqalishining kuchayishi sabab bo'ladi. Bunday tajriba eng sodda holda quyidagicha bajarilishi mumkin. Tovush chiqaruvchi kamerton (12-rasm) ozgina suvi bor uzun ingichka idish og'zi ustiga joylashtiriladi. Agar asta-sekin idishdagi suv ko'paytira borilsa, ma'lum bir paytda tovushning kuchi ancha ko'tariladi. Bu hodisa quyidagicha tushuntiriladi. Idishdagi suv ustida joylashgan havo ustunining balandligi muayyan bir qiymatga yetganda, havoning tebranishlari bilan kamertonning tebranishlari rezonansga keladi va ularning amplitudasi juda ham kattalashib ketadi. Idishning og'zida goh siqilish, goh siyraklanish navbat bilan hosil bo'lib turadi va ular kamerton atrofida vujudga keladigan uyurmalarni kamertondan ajratadi, natijada tovushning tarqalishi kuchayadi.



12-rasm. Suv ustidagi havo ustunining rezonans hosil qilishi

Nihoyat, berilgan muhitda tovush tezligidan katta tezlik bilan (havoda 330 m/sek dan katta tezlik bilan) harakatlanuvchi jism atrofida vujudga keladigan maxsus tur akustik to'lqinni qarab chiqamiz. Bunday tezlik bilan harakatlanuvchi jism muhitda zarba berish xarakteriga ega bo'lgan va ballistik to'lqin deb ataladigan to'lqinni vujudga

keltiradi. Muhitning siqilishi harakatlanuvchi jismning oldida tarqala olmaydi va hosil bo'lgan to'lqin fronti faqat harakatlanuvchi jismning orqasidagina joylashadi. Jism bosib o'tgan har bir nuqtani shu muhitdagi tovush tezligi bilan tarqaluvchi sferik to'lqinlarning manbai deb qarash mumkin. Bu sferik to'lqinlarning o'rovchisi (13-rasm) konus shaklida bo'ladi.



13-rasm. Ballistic to'lqinning vujudga kelishi

Nuqta *t* vaqt ichida AA' kesmani bosib o'tsin; shuncha vaqtda tovush to'lqinni A nuqta atrofida AB=Vt kesmaga tarqaladi (bunda V – tovush tezligi). Shunga ko'ra, konusning uchidagi φ burchak

$$\sin\varphi = \frac{AB}{AA'} = \frac{V}{\upsilon} \qquad (1)$$

nisbatdan aniqlanadi, bunda υ – jismning tezligi. Shunday qilib, ballistik to'lqinning fronti konus shaklida bo'lib, bu konusning uchidagi burchak (1) tenglik bilan aniqlanadi. Hosil bo'ladigan to'lqin davriy xarakterga ega emas, lekin u tovush tezligi bilan tarqaluvchi bitta siqilish sohasidan iborat bo'ladi. Bunday to'lqinlarni tovush tezligidan katta tezlik bilan harakatlanuvchi hozirgi zamon artilleriya snaryadlari, reaktiv snaryadlar va samolyotlar vujudga keltiradi. Ular keskin zarb sezgisini hosil qiladi. Bundan tashqari, snaryad sirtining tekissizligidan kelib chiquvchi (chiyillash va vijillash tug'diruvchi) boshqacha tebranishlar ham hosil bo'ladi. Bu tebranishlarning hammasi ham snaryad uchib o'tgandan keyingina sezilishi mumkin, chunki snaryad tovushdan tez harakatlangani uchun, to'lqinning tarqalishidan o'zib ketadi.

Ul'tratovushlarni hosil qilish uchun ko'pincha p'ezoelektrik effektdan foydalaniladi. P'ezoelektrik effekt ba'zi kristallarning elektr maydonida mexanik deformatsiyalanishidan iborat bo'lgan hodisadir. Ul'tratovush tebranishlarini hosil qilish uchun kvarts kristallari (p'ezokvarts) ishlatiladi. Agar kristallografik o'qlarga nisbatan ma'lum yo'nalishda kesib olingan kvarts plastinkasiga metall qoplamalar yordamida o'zgaruvchan elektr kuchlanish berilsa, plastinka tebrana boshlaydi. Agar berilgan elektr kuchlanishning chastotasi plastinkaning o'z mexanik tebranishlar chastotasiga teng bo'lsa (rezonans hodisasi), kvarts plastinkaning tebranishi ayniqsa kuchli bo'ladi. Plastinkaning o'lchamlarini mos ravishda tanlab olish yo'li bilan yuz ming gerts chamasidagi chastotali ul'tratovush tebranishlarini hosil qilish mumkin.

Ul'tratovush to'lqinlarining to'lqin uzunligi kichik bo'lgani tufayli, ular oddiy tovush to'lqinlariga qaraganda, kamroq qayriladi (kamroq diffraktsiyalanadi). Bu hol ul'tratovush to'lqinlarining yaxshi yo'naltirilgan dastasini hosil qilishga imkon beradi.

Hozirgi zamonda ul'tratovushlar texnikada keng ishlatiladi chunonchi, suv ostida ma'lum yo'nalish bo'yicha signallar berish suv ostidagi narsalarni topish va chuqurlikni aniqlash (exolot) maqsadlarida ishlatiladi. Kristallardan ma'lum tarzda kesib olingan birday qalinlikdagi kvarts plastinkalari bir-biriga mozaika ko'rinishida yopishtiriladi va

ikkita qalin po'lat plastinkalar orasiga joylashtiriladi. Po'lat plastinkalarga o'zgaruvchan elektr kuchlanish berilsa, bu sistema ul'tratovushning kuchli manbai bo'lib qoladi.

Exolotning tuzilish printsipi quyidagicha: ul'tratovush manbaidan suvda vertikal yo'nalishda pastga qarab tovush nuri yuboriladi. Bu nur suv tubiga yetgach, undan aks etib, qaytib chiqadi. Tovushning suvda tarqalish tezligini bilib, ul'tratovush signali berilgandan u qaytguncha (exo – aksi sado sezilguncha) o'tgan vaqt orqali chuqurlikni hisoblash qiyin emas.

Aksi sadoni (exoni) qabul qilish ham p'ezokvarts yordamida bajariladi. Tovush tebranishlari p'ezokvartsga yetib kelgach, unda elastik tebranishlar qo'zg'atadi. Buning natijasida kvartsning qarama-qarshi sirtlarida elektr zaryadlari hosil bo'ladi va ular tegishli elektr apparatlari yordamida seznlishi mumkin.

Ul'tratovush to'lqinlari suv ostida signal berish uchun yaroqli, chunki ular suvda tarqalganda sezilarli darajada yutilmaydi, havoda esa ular juda tez so'nadi, shuning uchun ular havo orqali signal berish uchun yaroqli emas.

Hozirgi zamon texnikasida ul'tratovushlarning turli-tuman tatbiqlari bordir. Ul'tratovushlardan metall buyumlardagi defektlarni topishda (ul'tratovush defektoskopiyasi), yoriqlarni, qalinliklarni o'lchashda va boshqalarda foydalanadi. Ul'tratovushlarning ba'zi tatbiqlari kuchli ul'tratovushlarning o'zi tarqalayotgan muhitga beradigan mexanik ta'siriga asoslangandir. Chunonchi, ul'tratovushlar yordamida metall sirtlarni va boshqa sirtlarni ishlash mumkin, teshiklar teshish mumkin, detallarni tozalash mumkin va hokazo. Ul'tratovushlar ko'pgina fizik-ximik protsesslarga va ximiyaviy reaktsiyalarning borishiga ta'sir qiladi.

TAYANCH SO'Z VA IBORALAR

Akustika, tovush to'lqinlari, tovush tebranishlari, to'lqin interferensiyasi, dopler effekti, balandlik, shovqin, tembr, chastota, turg'un to'lqin, Kundt tajribasi..

Nazorat savollari

1. Turg'un to'lqin nima?
2. Eshitish sohasi qancha?
3. Kundt tajribasi qanday?
4. Tovush manbaalari nimalar?
5. Tovush to'lqinlarining interferentsiyasi.

Asosiy adabiyotlar

1.O.Axmadjonov. Fizika kursi, 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 fizika kursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, “O‘zbekiston”, 1992, 279 bet.
8.Nuomonxo‘jaev A.S. Fizika kursi. 1-qism. Mexanika, statistik fizika, termodinamika. Toshkent:«O‘qituvchi»,1992,208 b.
Z

AMALIY MASHG’ULOT

KIRISH.

1.§. Birliklarni xalqaro sistemasi.

Turli xildagi fizik kattaliklar 6u kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni ifodalovchi tenglamalar orqali o'zaro bog'langan. Masalan, *t* massali jismning olgan *a* tezlannshi, ta'sir etuvchi *G'*- kuch bilan quyidagi tenglama orqali bog'langan;

$$G'=kma$$

bu yerda *k* - sonli koeffitsient bulib, uning qiymati F, *t va* va *a* larning qanday birlikda o'lchanishiga bog'liqdir. Agar massa va tezlanishning birligi ma'lum bo'lsa, kuchning birligni(1) tenglamadagi *k* koeffitsient birga teng bo'ladigan qilib, ya'ni (1) tenglama .

$$F=ma$$

kuriiishga keladigan qilib, tanlab olishimiz mumkin.

Buning uchun kuch birligi qilib, massa birligiga bir birlik tezlanish 6epa oladigan kuchni olishimiz kerak.

Xuddi shu yo'l bilan yangidan kiritilgan xar qanday kattalikning o'lchov birligini topishda, bu kattalikni aniqlashga imkon beradigan formuladan foydalanamiz va shunday qilib, birliklar sistemasini tuzamiz.

Xar xil birliklar sistemalari bir-biridan qaysi birlik sistemasi asos qilib olinganiga qarab farq qiladi.

«Masalalar tuplami»ning bu nashrida GOST 9867-61 tomonidan fanning barcha soxalarida, texnikada va xalq, xujaligida xuddi shuningdek o'qitishda eng qulay sistema de6 tasdiqlangan birliklarning xalqaro sistemasidan foydalanamiz. Bu sistema System International so'zining bosh xarflaridan olingan SI yoki ruscha SI xarflari bilan belgilanadi.

Xalqaro sistema o'lchashning har xil sohalari uchun mo'ljallangan bir qancha mustaqil birliklar sistemalariga bo'linadi.

SI sistemasida asosiy mexanik birliklar qilib metr (*m*), kilogramm-massa (*kg*) va sekund (*sek*) lar olingan bo'lib, unga qo'shimcha o'lchashning har xil sohalari uchun quyidagi: issiqlik uchun –Kelьvin gradusi, elektr uchun –amper va yorug'lik uchun – shamdan iborat birliklar kiritilgan.

Old qo'shimchalar.

1.	Eksa - E - 10^{18}	9. detsi	- d - 10^{-1}
2.	Leta - L - 10^{15}	10. santi	- sm - 10^{-2}
3.	Tera - T - 10^{12}	11. milli	- m - 10^{-3}
4.	Giga - G - 10^{9}	12. mikro	- mk -10^{-6}
5.	Mega - M - 10^{6}	13. nano	- n - 10^{-9}
6.	kilo - k - 10^{3}	14. piko	- p - 10^{-12}
7.	gekto - g - 10^{2}	15. feyto	- f - 10^{-15}
8.	deka - d - 10^{1}	16. atto	- a - 10^{-18}

2.§. Masalalarni yechish uchun metodik ko'rsatmalar

Masalalarni yechishdan oldin masala ososida qanday fizik qonuniyatlar yotganligini aniqlash kerak. Keyin bu qonuniyatlarni ifodalovchi formuladan harfli belgilar orqali yechilishini topish kerak. Bundan keyin, albatta berilgan son qiymatlarini biror birlikda chiqarilgan formulaga qo'yish mumkin. Amalda va adabiyotlarda birliklarning Xalqaro sistemasi bilan birga boshqa birliklar sistemasi, xuddi shuningdek, keltirilgan birliklar sistemasi ko'p tarqalgandir. SHuning uchun ko'pchilik masalalar shartida berilgan son qiymatlar SI sistemasining birliklariga keltirish kerak. Bunda masalaning javobi ham, tabiiy xolda, shu sistemadagi birlikda kelib chiqadi.

Ayrim xollarda hamma berilgan qiymatlarni bitta sistemaning o'zida ifodalashning hojati bo'lmay qoladi. Masalan formuladagi berilgan kattaliklar surat va maxrajda ko'paytmadan iborat bo'lsa, bu kattaliklarning qaysi birlikda ifodalanishidan qat'i nazar, birliklar bir xil bo'lishi kifoyadir.

Masalaning sonli javobini chiqarishda oxirgi natijaning aniqlik darajasiga axamityat berish kerak. Javobning aniqligi masalalar shartida berilgan kattaliklarning aniqligidan oshmasligi kerak. Ko'pchilik masalalarni logarifm lineykasi beradigan aniqligida yechish kifoyadir. Ayrim xollarda turt xonal logarifmlar jadvalidan foydalanishga to'g'ri keladi.

Harfli belgilar o'rniga ularni son qiymatlarini qo'yish yo'li bilan olingan javobning oxiriga darxol uning nomi yozilishi kerak.

Grfigi chizilishi kerak bo'lgan masalalarda masshtab va koordinata boshini tanlab olish zarur. Grafikda albatta, masshtab ko'rsatilishi shart. Kitobda ayrim masalalarning javoblaridagi grafiklar masshtabsiz berilgandir, ya'ni topilishi kerak bo'lgan bog'lanish, faqat sifat jixatdan harakterlab berilgandir.

1 BOB
MEXANIKANING FIZIK ASOSLARI MEXANIK BIRLIKLAR

Birliklarning Xalqaro sistemasining tarkbiy qismi, mexanik kattaliklarni o'lchashlik uchun mo'ljallangan (GOST 7664-61) MKS sistemasidir. MKS sistemasining asosiy birliklari metr *(m), kilogramm (kg)* va sekund *(sek)* dan iboratdir.

Yuqorida aytilgandek, fizik kattaliklarning bog'lanishiga asoslangan xolda, bu sistemaning asosiy birliklaridan uning xosilaviy birliklari chiqariladi. Masalan, tez-likning birligi quyidagi munosabatdan aniqlanadi. $\vartheta = \frac{\Delta l}{\Delta t}$

Uzunlik birligi –metr, vaqt birligi-sekund bo'lganligi uchun, MKS sistemasida tezlikning birligi *1 m/sek* bo'ladi. xuddi shuningdek, tezlanishning birligi *1 m/sek*^{2} bo'ladi. Kuch birligini aniqlaylik

$$F=ma$$

Massaning birligi kilogramm *1 kg* , tezlanishning birligi *1 m/sek*^{2} , shunga ko'ra *1 n = 1 kg·1m/sek*^{2}. kitobda ayrim joylarda kuchning boshqa birligi 1 kG kilogramm og'irlik ishlatilgan.

$$1kG = 1\ kg\cdot 9{,}81\ m/sek^2$$

ikkinchi tomondan

$1\ n = 1\ kg\cdot 1m/sek^2$ bo'lgani uchun $1kG =\cdot 9{,}81\ n.$

4- jadval

Kattalik va uning belgisi	Birliklarni aniqlashga imkon beruvchi	O'lchov birliklari	Birliklarning qisqacha belgisi	Kattaliklarning o'lchamlari
A s o s i y b i r l i k l a r				
Uzunlik l Massa m Vaqt t	-- -- --	Metr Kilogramm Sekunt	M Kg Sek	L M T
H o s i l a v i y b i r l i k l a r				
Yuz Hajm V CHastota ν Burchak tezlik ω Burchak tezlanish ε CHiziqli tezlik ϑ CHiziqli tezlanish a Zichlik r Kuch ; F og'irlik P Solishtirma og'irlik γ Bosim r Harakat miqdori L Inertsiya momenti J Ish va energiya A	$S = l^2$ $V = l^3$ $\nu = \frac{1}{T}$ $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ $\varepsilon = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ $\vartheta = \frac{\Delta l}{\Delta t}$ $a = \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t}$ $p = \frac{m}{V}$ $F = m \cdot a$ $\gamma = \frac{p}{V}$ $p = \frac{F}{S}$ $L = m \cdot \Delta\upsilon = F \cdot \Delta t$ $J = m \cdot l^2$ $A = F \cdot l$ $N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$ $\eta = \frac{F}{S} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta\upsilon}$ $\nu = \frac{\eta}{p}$	Metr kvadrat Metr kub Gerts Radian bo'lingan sekund Radian bo'lingan sekund kvadrat Metr bo'lingan sekunt Metr bo'lingan sekund kvadrat Kilogramm bo'lingan metr kub Nьyuton nьyuton bo'lingan Metr kubnьyuton bo'lingan Metr kvalrat kilogramm-metr Bo'lingan sekund Kilogramm	M^2 M^3 *гц* *рад/сек* *рад/сек*^{2} *м/сек* *м/сек*^{2} *кг/м*^{3} n n/m^3 *н/м*^{2} *кг·м/сек* *кг·м*^{2} *ж* *вт* *н·сек/м*^{2} *m*^{2}*/сек*	L^2 L^3 T^{-1} T^{-1} T^{-2} LT^{-1} LT^{-2} $L^{-3}M$ LMT^{-2} $L^{-3}MT^{-2}$ $L^{-1}MT^{-2}$ LMT^{-1} L^2M L^2MT^{-2} L^2MT^{-3} $L^{-1}MT^{-1}$ L^2T^{-1}

Quvvat N Dinamik yopish-qoqlik η Kinetik yopishqoqlik ν		metr kvadrat Joulь Vatt Nьyuton-sekund bo'lingan metr kvadrat Metr kvadrat bo'lingan sekund		

1- §. Kinematika

Umumiy xolda to'g'ri chiziqli xarakatning tezligi

$$\vartheta = \frac{ds}{dt}$$

Tezlanishi

$$a = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}.$$

To'g'ri chiziqli tekis harakat bo'lganda

$$\vartheta = \frac{s}{t} = const$$

va

$$a = 0$$

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda bo'lganda, quyidagi ifodalar kelib chiqadi:

$$s = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$\vartheta = \vartheta_0 + at,$$

$$a = const.$$

bu tenglamalarda a tezlanish harakat tekis tezlanuvchan bo'lsa musbat va tekis sekinlanuvchan bo'lsa manfiy buladi.

Egri chiziqli harakatda to'la tezlanish quyidagiga tengdir:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2},$$

Bunda a_τ - tangentsial tezlanish a_p - normal (markazga intilma) tezlanish bulib

$$a_\tau = \frac{d\vartheta}{dt} \text{ va } \quad a_n = \frac{\vartheta^2}{R}$$

bunda ϑ - xarakatning tezligi va R - traektoriyaning berilgan nuqtadagi egrilik radiusi. Umumiy xolda aylanma xarakatda burchak tezlik

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt},$$

Burchak tezlanish esa

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Tekis aylanma harakatda burchak tezlik quyidagiga tengdir

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu,$$

bunda T - aylanish davri, ν - aylanish chastotasi, ya'ni vaqt birligidagi aylanishlar soni. Burchak tezlik ω chiziqli tezlik ϑ bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan.

$$\vartheta = \omega R$$

Aylanma harakatda tangentsial va normal tezlanishlarni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$a_\tau = \varepsilon R, \quad a_n = \omega^2 R.$$

Ilgarilanma va aylanma harakatning tenglamalari 6- jadvalda taqqoslangan.

1.1. Avtomobiль o'z harakati vaqtining birinchi yarmida *80 km/soam* tezlik bilan, qolgan vaqtida esa *40 km/soam* tezlik bilan xarakatlangan. Avtomobiль xarakatining o'rtacha tezligi topilsin.

1.2. Avtomobiль yo'lning birinchi yarmini *80 km/soam* tezlik bilan, qolgan yo'lni esa *40 km/soat* tezlik bilan bosib o'tgan. Avtomobil xarakatining o'rtacha tezligi topilsin.

1.3. Paroxod daryoda *A* punktdan *V* punktga ϑ_1 = *10 km/soam* tezlik bilan, qaytishda esa ϑ_2 = *16 km/soat* tezlik bilan harakatlanadi. 1) Paroxodning o'rtacha tezligi 2) daryoning oqim tezligi topilsin.

1. 4. ϑ_1 = *1 m/sek* tezlik bilan oqayotgan daryoda suvga nisbatan ϑ_2= *2 m/sek* tezlik bilan harakatlanayotgan qayiqning quyidagi xollarda qirg'oqqa nisbatan tezligi topilsin: 1) qayiq oqim bo'yicha suzganda, 2) qayiq oqimga qarshi suzganda, 3) qayiq oqimga $\alpha = 90^0$ burchak hosil qilib suzganda.

1. 5. Samolyot xavoga nisbatan ϑ_1 = *800 km/soat* tezlik bilan uchmoqda. Farbdan sharqqa tomon ϑ_2= *15* m/sek tezlik bilan shamol esib turibdi. Samolyot yerga nisbatan qanday tezlik bilan uchishi va 1) janubga, 2) shimolga, 3) g'arbga, 4) sharqqa siljishi uchun meridianga nisbatan qanday burchak tashkil qilib uchishi topilsin.

6- . j a dv a l

Ilgarilanma harakat	Aylanma harakat
Tekis harakat	
$s = \vartheta \cdot t$ $\vartheta = const$ $a = 0$	$\varphi = \omega t$ $\omega = const$ $\varepsilon = 0$
Tekis o'zgaruvchan harakat	

$s = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$ $\vartheta = \vartheta_0 + at$ $a = const$	$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$ $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ $\varepsilon = const$
Notekis harakat	
$s = f(t)$ $\vartheta = \frac{ds}{dt}$ $a = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$	$\varphi = f(t)$ $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

1.6. Samolyot *A* punktdan sharq tomondagi *300 km* uzoqlikda joylashgan *V* punktga uchmoqda. Quyidagi hollarda, samolyotning bu masofani uchib o'tish vaqti topilsin:
1) shamol bo'lmaganda, 2) shamol janubdan shimolga esganda va 3) shamol g'arbdan sharqqa esganda. SHamolning tezligi ϑ_1 = *20 m/sek,* samolyotning tezligi ϑ_2 = *600 km/soat.*

1.7. Qayiq suvga nisbatan *7,2 km/soat* tezlik bilan qirg'oqqa tik yo'nalishda harakat qilmoqda. Oqi*m* qayiqni *150 m* pastga sudradi. Daryoning kengligi *0,5 km.* 1) Daryo oqimining tezligi va 2) qayiqning daryodan o'tishi uchun sarf qilingan vaqt topilsin.

1.8. Vertikal yuqoriga tik otilgan jism *3 sek* dan keyin yerga qaytib tushdi. 1) Jismning boshlang'ich tezligi qanday bo'lgan? 2) Jism qanday balandlikka ko'tarilgan? Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.9. Tosh *10 m* balandlikka otlgan. 1) Tosh qancha vaqtdan keyin yerga qaytib tushadi? 2) Agar toshning boshlang'ich tezligi ikki marta oshirilsa, u qancha balandlikka ko'tariladi. Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.10. *300 m* balandlikdagi aerostatdan tosh tashlangan. 1) Aerostat 5 *m/sek* tezlik bilan yuqoriga ko'tarilayotganda, 2) 5 *m/sek* tezlik bilan pastga tushayotganda va 3) aerostat bir joyda turgandagi hollarda toshning yerga tushguncha o'tadigan vaqtini hisoblang. Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.11. *9,8 m/sek* boshlang'ich tezlik bilan vertikal yuqoriga otilgan jism ' balandligi va ϑ tezligining *t* vaqtga bog'lanish grafigi chizilsin. Grafik *0* dan *2 sek* gacha, ya'ni $0 \le t \le 2sek$ gacha bo'lgan intervalda *0,2 sek* dan oralab tuzilsin. Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.12. Jism '=_*19.6 m* balalikdan boshlang'ich tezliksiz tushmoqda, 1) Jism o'z harakating birinchi *0,1* sekundida qancha yo'l o'tadi? 2) Oxirgi *0,1* sekundda-chi? Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.13. Jism ' = *19,6 m* balalikdan boshlang'ich tezliksiz tushmoqda, 1) Jism o'z yo'lining birinchi *1* metrini qancha vaqtda bosib o'tadi? 2) Yo'lning oxirgi *1* metrinichi? Xavoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.14. Erkin tushayotgan jism o'z harakatining oxirgi sekunddida butun yo'lning *1*- yarmini o'tadi. 1) Jismniig qanday ' balandlikdan tushayotgani va 2) yerga tushguncha ketgan vaqti topilsin.

1.15. *A* jism ϑ_1 boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga otilgan vaqtda, ' balandlikdan $\vartheta_2 = 0$ boshlang'ich tezlik bilan *V* jism pastga tushib keladi. Agar jismlar bir vaqtda harakatlangan bo'lsa, *A* va *V* jismlar orasidagi *x* masofaning *t* vaqtga bog'lanishi topilsin.

1.16. Metropoliten ikki stantsiyasnning oralig'i *1,5 km.* Poezd bu masofaning birinchi yarmida tekis tezlanuvchan, qolgan ikkinchi yarmida tekis sekinlanuvchan harakat qiladi. Poezdning maksimal tezligi *50 km/soat* ga teng. 1) tezlanuvchan va sekinlanuvchan harakatning tezlanishlarini miqdor jixatdan teng deb xisoblab, uning kattaligi, 2) poezdning ikki stantsiya orasidagi harakat vaqti topilsin.

1.17. Poezd *36 km/soat* tezlikda harakat qilmoqda. Agar bug' berish to'xtatilsa, poezd tekis sekinlauvchan xarakat qilib *20 sek* dan keyin to'xtaydi. 1) Poezdning manfiy tezlanishi topilsin, 2) To'xtash joyidan necha metr narida bug' berishni tuxtatish kerak?

1.18. Tormozlangan poezd tekis sekinlanuvchan harakat qilib *1min* da o'z tezligini *40 km/soat* dan *28 km/soat* gacha. kamaytirgan. 1) Poezdning manfiy tezlanishi 2) tormozlanish vaqtida o'tgan yo'li topilsin.

1.19. Vagon $0{,}5\ m/sek^2$ manfiy tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qilmoqda. Bagonning boshlang'ich tezligi *54 km/soat.* Vagon qancha vaqtdan keyin va boshlang'ich nuqtadan kancha uzoqlikda to'xtaydi?

1.20. *A* jism ϑ_0' boshlang'ich tezlik va o'zgarmas a_1 tezlanish bilan harakat qiladi. *A* jism bilan bir vaqtning o'zida *V* jism ϑ_0'' boshlang'ich tezlik va o'zgarmas manfiy a_2 tezlanish bilan harakat qiladi. Harakat boshlanganidan keyin qancha vaqt o'tgach ikkala jismning tezligi bir xil bo'ladi?

1.21. A jism $\vartheta_0' = 2\ m/sek$ boshlang'ich tezlik va o'zgarmas *a* tezlanish, bilan harakat qiladi. *A* jism $\Delta t = 10\ sek$ harakatlangandan keyin o'sha nuqtadan *V* jism $\vartheta_0'' = 12\ m/sek$ boshlang'ich tezlik bilan harakatlana boshlaydi va *A* jismnikidek *a* tezlanish bilan harakat qiladi. *A* jismni quvib yeta oladigan *V* jism *a* tezlanishning eng katta qiymati qanday?

1.22. Jismning bosib o'tgan yo'li *s* ning *t* vaqtga bog'liqligi $s = At - Bt^2 + Ct^3$ tenglama orqali berilgan, bunda $A = 2\ m/sek$, $V = 3\ m/sek^2$ va $S = 4\ m/sek^3$. 1) tezlik ϑ ning va tezlanish *a* ning vaqt *t* ga bog'liqligi, 2) harakat boshlanishidan *2 sek* o'tgandan keyin jismnmng bosib o'tgan yo'li, tezligi va tezlanishi topilsin. $0 \le t \le 3\ sek$ intervalda *0,5 sek* oralatib yo'l, tezlik va tezlanishning grafigi chizilsin.

1.23. Jismning bosib o'tgan yo'li *s* ning *t* vaqtga bog'liqligi $s = A - Bt + Ct^2$ tenglama orqali berilgan, bunda $A = 6\ m$, $V = 3\ m/sek$ va $S = 2\ m/sek^2$. jismning *1 sek* dan *4 sek* gacha bo'lgan vaqt chegarasidagi o'rtacha tezligi va o'rtacha tezlanishi topilsin. $0 \le t \le 5\ sek$ intervalda *1 sek* dan oralatib yo'l, tezlik va tezlanishning grafigi tuzilsin.

1.24. Jismning bosib o'tgan yo'li *s* ning *t* vaqtga bog'liqligi $s = A + Bt + Ct^2$ tenglama orqali berilgan, bunda $A = 3\ m$, $V = 2\ m/sek$ va $S = 1\ m/sek^2$. Jism harakatining birinchi, ikkinchi va uchinchi sekund oralig'idagi o'rtacha tezligi va o'rtacha tezlanishi topilsin.

1.25. Jismning bosib o'tgan yo'li *s* ning *t* vaqtga bog'liqligi $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ tenglama orqali berilgan, bunda $S = 0{,}14\ m/sek^2$ va $D = 0{,}01$

m/sek^3 .1) harakat boshlanganidan keyin qancha vaqt o'tgach jismning tezlanishi *1 m/sek*^{2} ga teng bo'ladi? 2) shu vaqt oralig'ida jismning o'rtacha tezlanishi nimaga teng bo'ladi?

1.26. Balandligi $N = 25\ m$ bo'lgan minoradan tosh $\vartheta_0^{'}=15\ m/sek$ tezlik bilan gorizontal otilgan. 1) toshning qancha vaqt harakatlanishi, 2) minora asosidan qancha s_x masofada yerga tushishi, 3) yerga qanday ϑ tezlik bilan tushishi va 4) yerga tushish nuqtasida uning traektoriyasi bilan gorizont orasidagi φ burchak topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.27. Gorizontal otilgan jism *0,5 sek* dan keyin tashlanish joyidan gorizontal bo'ylab *5 m* uzoqqa borib tushgan. 1) Jism qanday ' balandlikdan tashlangan? 2) U qanday boshlang'ich ϑ_0 tezlik bilan tashlangan? 3) U yerga qanday ϑ tezlik bilan tushgan? 4) Uning yerga tushish nuqtasidagi traektoriyasi gorizont bilan qanday φ burchakni tashkil qiladi? Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.28. Gorizontal otilgan koptok *5 m* uzoqlikdagi devorga urilgan. Koptokning urilish balandligi koptok otilgan balandlikdan *1 m* pastda. 1) Koptok qanday ϑ_0 tezlik bilan otilgan? 2) koptok devorga qanday burchak φ ostida uriladi? Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.29. Tosh gorizontal yo'nalishda otilgandan *0,5 sek* o'tgach, uning tezligi boshlang'ich tezligidan *1,5* marta katta bo'lgan. Toshning boshlang'ich tezligi topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.30. Tosh gorizontal yo'nalishda $\vartheta_x = 15\ m/sek$ tezlik bilan otilgandan *1 sek* o'tgach, uning normal va tangentsial tezlanishi topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.31. Tosh gorizontal yo'nalishda *10 m/sek* tezlik bilan otilgandan *3 sek* o'tgach, tosh trektoriyasining egrilik radiusi topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.32. Koptok gorizontga $\alpha = 40^0$ burchak ostida $\vartheta_0 = 10\ m/sek$ boshlang'ich tezlik bilan otilgan? 1) koptok qanday s_u balandlikka ko'tariladi? 2) koptok otilgan joydan qanday s_x masofaga yerga borib tushadi? 3) koptok qancha vaqt harakatlanadi? Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.33. Leningraddagi sport musobaqasida sportchi yadroni *16 m 20 sm* masofaga uloqtirdi. O'shanday yadro Toshkentda o'sha sharoitda (boshlang'ich tezlik va gorizontga qiyalik o'zgarmaganda) qancha masofaga uchib borar edi? Lelingradda og'irlik kuchining tezlanishi *981,9 sm/sek*^{2} ga , Toshkentda esa *980,1 sm/sek*^{2} ga teng.

1.34. Gorizontga ϑ_0 tezlik bilan qiyalatib otilgan jismning harakat vaqti $t = 2,2$ *sek* ga teng. Uning ko'tarilgan eng katta balandligi topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.35. Gorizontga $\vartheta_0 = 12\ m/sek$ tezlik bilan $\alpha = 45^0$ burchak ostida otilgan jism, otilgan joyidan *s* masofaga borib yerga tushgan. Tosh tushgan joyga tushishligi uchun, qanday ' balandlikdan toshni shunday ϑ_0 tezlik bilan gorizontal yo'nalishda otish kerak?

1.36. Jismni gorizontga $\alpha = 45^0$ burchak ostida $\vartheta_0 = 14,7\ m/sek$ tezlik bilan otilgandan $t = 1,25$ *sek* o'tgach, uning normal va tangentsial tezlanishi topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

1.37. Jismni gorizontga $a = 45^0$ burchak ostida $\vartheta_0 = 10$ *m/sek* tezlik bilan otilgandan $t = 1$ *sek* o'tgach, jism traektoriyasining egrilik radiusi topilsin. xavoning qarshiligini xisobga olinmasin.

1.38. Jism gorizontga *a* burchak ostida ϑ_0 tezlik bilan otilgan. Agar . jismning eng yuqori ko'tarilish balandligi *'=3 m* va jism traektoriyasining eng yuqori nuqtasida traektopiyaning egrilik radiusi $R = 3$ *m* ga tengligi maьlum bo'lsa, ϑ_0 va α larning kattaligi topilsin.

1.Z9. Balandligi $N = 25$ *m* bulgan minoradan gorizontga $\alpha = 30^0$ burchak ostida $\vartheta_0 = 15$ *m/sek* tezlik bilan tosh otilgan. 1) Tosh qancha vaqt xarakatda bo'ladi? 2) U minora asosidan qancha uzoqlikda yerga tushadi? 3) U qanday tezlik bilan yerga tushadi? 4) toshning yerga tushish nuqtasi va uning traektoriyasi gorizont bilan qanday burchak xosil qiladi? xavoning qarshi-ligini xisobga olinmasin.

1.40. Bola gorizontga $a = 45^0$ burchak ostida $\vartheta_0 = 10$ *m/sek* tezlik bilan otgan koptok s= *3 m* uzoqlikdagi devorga urilgan. 1) Koptokning devorga urilishi (uning yuqoriga ko'tarilishida yoki pastga tushishida) qachon sodir bo'lganliigini aniqlang. 2) Koptok (otilgan 6alandlikdan xisoblaganda) devorga qanday ' balandlikda urilgan? 3) urilish vaqtida koptokning tezligi qanday bo'lgan? 4) xavoning qarshiligini xisobga olinmasin.

1.41. 1) Yerning sutkalik aylanishi, 2) soatdagi soat strelkasining, 3) soatdagi minut strelkasining, 4) aylana orbita bo'ylab *T= 88 min* aylanish davri bilan xarakatlanayotgan Yer sun'iy yo'ldoshining burchak tezliklari va 5) agar sun'iy yo'ldoshning orbitasi Yer sirtidan *200 km* balandlikda bo'lsa, uning chiziqli tezligi topilsin.

1.42. Leningrad kengligidagi (60^0) yer sirti nuqtalari aylanishining chiziqli tezligi topilsin.

1.43. Samolyotdagi yo'lovchiga Quyosh osmonda qo'zg'almay turgandek ko'rinishi uchun, samolyot ekvator bo'ylab sharqdan g'arbga qanday tezlikda harakatlanishi kerak.

1.44. Bir- biridan *l=0,5 m* oraliqda ikki disk maxkamlangan o'q $\upsilon=1600$ *ayl/min* chastotaga mos burchak tezlik bilan aylanma xarakat qilmoqda. Disk maxkamlangan o'q bo'ylab uchib boruvchi o'q ikki diskni teshib o'tadi va ikkinchi diskdagi teshik birinchisidagiga nisbatan $\varphi=12^0$ burchakka siljiydi. O'qning tezligi aniqlansin.

1.45. Aylanma xarakat qilayotgan g'ildirak gardishidagi nuqtaning υ_1 chiziqli tezligi gardishdan o'qqa *5 sm* yaqin bo'lgan nuqtasining υ_2 chiziqli tezligidan *2,5* marta katta bo'lsa, g'ildirakning radiusi topilsin.

1.46. Tekis tezlanish bilan aylanayotgan g'ildirak xarakat boshidan *N=10* marta aylangandan keyin $\omega=20$ *rad/sek* burchak tezlikka erishsa, uning burchak tezlanishi topilsi.

1.47. Maxovoy g'ildirak harakat boshlanishidan *t=1 min* o'tgach $\upsilon=720$ *ayl/min* ga mos tezlikka erishadi. G'ildirakniig, burchak tezlanishi va bir minutdagi aylanish soni topilsin. Harakat tekis tezlanuvchan deb xisoblansin.

1.48. Tekis sekinlanib aylanayotgan g'ildirak tormozlanish natijasida *1 min* davomida o'zining tezligini *300 ayl/min* dan *180 ayl/min* gacha kamaytiradi. g'ildirakning burchak tezlanishi va bu minut ichidgi aylanishlar soni topilsin.

1.49. Ventilyator *900 ayl/min* chastotaga mos tezlik bilan aylanadi. Ventilyator o'chirilgandan keyin u tekis sekinlanuvchan harakat qilib to to'xtaguncha *75* marta aylangan. Ventilyator o'chirilgandan to to'xtaguncha qancha vaqt o'tgan?

1.50. Val *180 ayl/min* chastotaga mos o'zgarmas tezlik bilan aylanadi. Val tormozlangan vaqtdan boshlab son jixatdan *3 rad/sek* ^{2} ga teng burchak tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qiladi. 1) Val qancha vaqt o'tgach to'xtaydi? 2) To to'xtagungacha u necha marta aylanadi?

1.51. Nuqta *R=20 sm* radiusli aylana bo'ylab o'zgarmas tangentsial tezlanish a_t $=5\ m/sek^2$ bilan harakatlanadi. Harakat boshlanishidan qancha vaqt o'tgach nuqtaning a_n normal tezlanishi: 1) tangentsial tezlanishiga teng, 2) tangentsial tezlanishidan ikki marta katta bo'ladi?

1.52. Nuqta *R= 10 sm* radiusli aylana bo'ylab o'zgarmas tangentsial tezlanish a_t bilan harakatlanadi. Agar hapakat boshlangandan keyingi beshinchi marta aylanish oxirida nuqtaning tezligi $\upsilon = 79{,}2\ sm/sek$ ga teng bo'lsa, nuqtaning a_t tangentsial tezlanishi topilsin.

1.53. nuqta *R = 10 sm* radiusli aylana bo'ylab o'zgarmas tangentsial tezlanish a_t bilan harakatlanadi. Agar harakat boshlangandan keyingi beshinchi marta aylanish oxirida nuqtaning chiziqli tezligi $\upsilon = 10\ sm/sek$ ga teng bo'lsa, hapakat boshlangandan $t = 20\ sek$ *o'*tgandan keyin nuqtaning a_n normal tezlanishi topilsin.

1.54. Birinchi yaqinlashishda vodorod atomida elektron aylana orbita buylab o'zgarmas υ tezlik bilan harakatlanadi deyish. mumkin. Elektronning yadro atrofida aylanishiniig burchak tezligi va normal tezlanishi topilsin. Orbitaning radiusi $r = 0{,}5\cdot 10^{-10}\ m$ va elektronning bu orbitadagi tezligi $\upsilon = 2{,}2\cdot 10^6\ m/sek$.

1.55 Radiusi *R =10 sm* g'ildirak $\varepsilon = 3{,}14\ rad/sek^2$ o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanadi. Harakat boshlanishidan keyingi birinchi sekundning oxirida g'ildirak gardishidagi nuqtalarning: 1) burchak tezligi, 2) chiziqli tezligi, 3) tangentsial tezlanishi, 4) normal tezlanishi, 5) to'la tezlanishi va 6) to'la tezlanish bilan g'ildirak radiusi orasidagi burchak topilsin.

1.56. Nuqta *R =2 sm* radiusli aylana bo'ylab hapakatlanadi. yo'lning vaqtga bog'lanishi $x = St^3$ tenglama orqali berilgan, bunda $S = 0{,}1\ sm/sek^3$. Tezligi $\upsilon = 0{,}3\ m/sek$ ga teng bo'lganda nuqtaning normal va tangentsial tezlianishi topilsin.

1.57 Nuqta aylana bo'ylab shunday harakatlanadiki, yo'liing vaqtga bog'lanishi $s=A+Bt+Ct^2$ tenglama orqali berilgan, bunda $V = -2\ m/sek$ va $S = 1\ m/sek^2$. Agar harakat boshlanishidan $t = 2\ sek$ o'tgach nuqtaning normal tezlanishi $a_p = 0{,}5\ m/sek^2$ ga teng bo'lsa, hrakat boshlanishidan $\underline{t = 3}\ sek$ o'tgandan keyin nuqtaning chiziqli tezligi, uning tangentsial, normal va to'la tezlanishi topilsin.

1.58. Xarakat boo'lanishidan *2 sek* o'tgach tekis tezlanuvchan harakat qilgan g'ildirak gardishidagi nuqtaning to'la tezlanish vektori shu nuqta chiziqli tezligining yo'nalishi bilan 60^0 burchak tashkil qilsa, g'ildirakning burchak tezlanishi topilsin.

1.59. Fildirak o'zgarmas $\varepsilon = 2\ rad/sek^2$ burchak tezlanish bilan aylanadi. Harakat boshlanishidan *0,5 sek o'*tgach g'ildirakning to'la tezlanishi $a=13{,}6\ sm/sek^2$ ga teng bo'lsa, uning radiusi topilsin.

1.60. Radiusi $R = 0{,}1\ m$ bo'lgan g'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak. radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanish $\varphi = A + Bt + Ct^3$ tenglama orqali berilgan, bunda $V = 2\ rad/sek$ va $S = 1\ rad/sek^3$. Harakat boshlangandan

2 *sek* o'tgach, g'ildirak gardishidagi nuqtalar uchun quychdagi kattaliklar 1) burchak tezlik, 2) chiziqli tezlik, 3) burchak tezlanish, 4) tangentsial tezlanish 5) normal tezlanish topilsin.

1.61. Radiusi $R = 5\ sm$ bo'lgan g'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanishi $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ tenrlama orqali beriladi, bunda $D = 1\ rad/sek^3$. Harakatning har sekundida g'ildirak gardishida yotgan nuqtalar uchun tangentsial tezlanish Δa_τ niig o'zgarishi topilsin.

1.62. Radiusi $R = 10\ sm$ bo'lgan , g'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak gardishidagi nuqtalar chiziqli tezligining vaqtra bog'lanishi $\upsilon = At + Vt^2$ teglama orqali 6eriladi, bunda $A = 3\ cm/cek^2$ va $B= 1\ sm/sek^3$. harakat boshlangandan $t=0, 1, 2, 3, 4$ va $5\ sek$ o'tgandan keyin to'la tezlanish vektori bilan g'ildirak radiusi orasidagi burchak topilsin.

1.63.G'ildirak shunday aylanadiki, g'ildirak radiusining burilish burchagi bilan vaqt orasidagi bog'lanish $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ tenglama orqali beriladi, bunda $B =1\ rad/sek$, $C =1\ rad/sek^2$ va $D = 1\ rad/sek^3$. Xarakatning ikkinchi sekundining oxirida g'ildirak gardishidagi nuqtalarning normal tezlanishi $a_p =3,46 \cdot 10^2\ m/sek^2 ga$ teng bo'lsa, g'ildirakning radiusi topilsin.

1.64. Aylanayotgan g'ildirak gardishidagi nuqtalap to'la tezlanishining vektori shu nuqtalar chiziqli tezligining vektori bilan 30^0 burchak tashkil qilgan paytdagi nuqta normal tezlanishining tangentsial tezlanishidan necha marta kattaligi topilsin.

DINAMIKA

Dinamikaning asosiy qonuni (Nьyutonning ikkinchi qonuni)

$$F \cdot dt = d(m\upsilon)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Agar massa o'zgarmas bo'lsa, u holda

$$F = m\frac{d\vartheta}{dt} = ma;$$

bunda a - massasi t bo'lgan jismning F kuch ta'sirida olgan tezlanishi.
s masofani o'tishda F kuchning bajargan ishi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$A = \int_s F_s \cdot ds,$$

Bunda F_s –kuchning siljish yo'nalishiga proektsiyasi, ds –yo'l qismining kattaligi. Integral butun yo'l s bo'yicha olinadi.
Agar kuchning miqdori hamda uning siljish yo'nalishi bilan hosil qilgan burchagi o'zgarmas bo'lsa, yuqoridagi formula

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$$

Ko'rinishda bo'ladi, bunda α- kuch G' va siljish s orasidagi burchak. Quvvat

$$N = \frac{dA}{dt}$$

Formula bilan ifodalanadi. Quvvat o'zgarmas bo'lsa

$$N = \frac{A}{t}$$

bo'ladi, bunda A- vaqt t ichida bajarilgan ish.
Xuddi shuningdek quvvat quyidagi formuladan aniqlanishi mumkin:

$$N=F\upsilon\cos\alpha,$$

Ya'ni quvvat harakat tezligini kuchning harakat tezligini kuchning harakat yo'nalishiga bo'lgan proektsiyasining kattaligiga ko'paytmasi bilan aniqlanadi.

ϑtezlik bilan harakatlanayotgan m massali jismning kinetik energiyasi quyidagiga teng:

$$W_k = \frac{m\vartheta^2}{2}$$

Potentsial energiyasining formulalari ta'sir etuvchi kuchlarning harakteriga qarab turlicha ifodalanadi.

Izolyatsiyalangan sistemadagi barcha jismlar harakat miqdorining vektor yig'indisi o'zgarmay qoladi, ya'ni :

$$m_1\vec{\vartheta}_1 + m_2\vec{\vartheta}_2 + ... + m_n\vec{\vartheta}_n = const.$$

Massalari m_1 va m_2 bo'lgan ikki jismning bir to'g'ri chiziq bo'ylab elastikmas markaziy urilishidan keyingi ularning umumiy tezligi quyidagi formuladan topiladi:

$$u = \frac{m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}$$

bunda ϑ_1- birinchi jismning, ϑ_2- ikkinchn jismning urilishdan ilgarigi tezligi.

Elastik markaziy urilishdan keyin jismlar turlicha tezliklar bilan xarakatlanadi. Birinchi jismning urilishidan keyingi tezligi:

$$u_1 = \frac{(m_1 - m_2)\vartheta_1 + 2m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}$$

Va ikkinchi jismning urilishidan keyingi tezligi

$$u_2 = \frac{(m_2 - m_1)\vartheta_2 + 2m_1\vartheta_1}{m_1 + m_2}$$

Egri chiziqli xarakatda moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchni ikkiga: tangentsial va normal tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.

Normal tashkil etuvchisi

$$F_n = \frac{m\vartheta^2}{R}$$

markazga intilma kuchdan iboratdir. Bu yerda ϑ- massasi t bo'lgan jismning chiziqli tezligi va R traektoriyaning berilgan nuqtadagi egrilik radiusidir.

Elastik deformatsiyalovchi kuch deformatsiyasining x kattaligiga proportsianaldir, ya'ni:

$$F = kx,$$

Bunda k – deformatsiya koeffitsenti bo'lib, bir birlikda deformatsiyalovchi kuchga miqdor jixatdan tengdir.

Elastik kuchlarning potentsial energiyasi:

$$W_n = \frac{kx^2}{2}$$

Ikki modiy nuqta (ya'ni o'lchamlari ularning o'zaro oraliqlariga nisbatan juda kichik bo'lgan jismlar) bir - biriga quyidagi kuch bilan tortiladi:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

bunda γ- tortishish doimiyligi yoki gravitatsion doimiyligi bo'lib, $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11}\ m^3/kgsek^2$ ga tengdir; m_1 va m_2 o'zaro ta'sirlashuvchi moddiy nuqtalarning massalari; R – ular orasidagi masofa.

Tortishish kuchining potentsial energiyasi

$$W_n = -\gamma \frac{m_1 m_2}{R}$$

"Minus " ishora o'zaro ta'sir qiluvchi ikki jismning potentsial energiyasi $R=\infty$ bo'lganda nolga teng bo'lishini kshrsatadi; bu jismlar yaqinlasha borganda potentsial energiyasi ortadi.

Keplerning uchinchi qonuni quyidagi ko'rinishga egadir

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3},$$

Bunda T_1 va T_2 – planetalarning aylanish davrlari, R_1 va R_2 – planetalar orbitalarining katta o'qlari. Orbita doiradan iborat bo'lgan xolda, katta o'qlar rolini orbitaning radiusi o'ynaydi.

2.1. Teks xarakatlanib tushayotgan aerostat xuddiy shunday tezlikda yuqoriga ko'tarilishi uchun aerostatdan qancha og'irlikdagi balastni (yukni) tashlab yuborish kerak? Aerastatning ballast bilan birga og'irligi *1600 kG*, yuqoriga ko'taruvchi kuchi *1200 kG*. Yuqoriga ko'tarishda va tushishida havoning qarshilik kuchi birday deb xisoblansin.

2.2. Ipga og'irligi $P = 1кГ$ bo'lgan yuk osilgan. Agar yuk osilgan ip 1) $a = 5м/\ сек^2$ tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilayotgan, 2) xudi shunday $a = 5м/\ сек^2$ tezlanish bilan pastga tushayotgan bulsa, bu ikki xolda ipning taranglik kuchlari aniqlansin.

2.3. Biror diametrli po'lat sim *4400 n* gacha yukka chidash bera oladi. Bu simga *3900 n* yuk osib, u uzilib ketmasligi uchun yukni qanday maksimal tezlanish bilan yuqoriga ko'tarish kerak?

2.4. Yo'lovchilar bilan birga liftning og'irligi *800 kG*. Lift osilgan trosning og'irligi: 1) *1200kG* va 2) *600kG* bo'lsa, lift qanda tezlanish bilan va qanday yo'nalishda harakatlanadi?

2.5. Ipga tosh osilgan bu toshni $a_1 = 2м/\ сек^2$ tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilganda, ipning uzilib ketishi mumkin bo'lgan taranglik kuchidan ikki marta kichik *T* taranglik kuchi hosil bo'lgan ip uzilib ketishi uchun bu toshni qanday a_2 tezlanish bilan yuqoriga ko'tarish kerak?

2.6. Og'irligi 10^4 *n* bo'lgan avtomobilь *5 sek*. tormozlangandan keyin tekis sekinlanuvchan harakat qilib, *25 m* masofani o'tib to'xtaydi. 1) avtomobilning boshlang'ich tezligi, 2) tormozlanish kuchini topilsin.

2.7. *500 t* massali poezd tormozlanganda tekis sekinlanuvchan harakat qilib *1 min* davomida tezligini $40км/\ соат$ dan $28км/\ соат$ gacha kamaytirgan. Tormzlanish kuchi topilsin.

2.8. Og'irligi $1{,}96\cdot10^5 н$ bo'lgan vagon $54км/\ соат$ boshlangich tezlik bilan harakat qiladi. Agar vagon : 1) *1 min 40 sek* 2) *10 sek* va 3) *1 sek* to'xtasa, vagonga ta'sir qiluvchi o'rtacha kuch topilsin.

2.9. Rel'sda turgan vagon tekis tezlanuchvan harakat qilib, $s=11м$ yo'lni $t=30сек$ da o'tishi uchun unga qanday kuch ta'sir qilishi kerak? Vagonning og'irligi $P=16\,T$ harakat vaktida unga o'z og'irligining *0,05* qismiga teng bo'lgan ishqalanish kuchi tasir qiladi.

2.10. Og'irligi $4{,}9\cdot10^6 н$ bo'lgan poezd teplovozning tortishi to'xtalgach, $9{,}8\cdot10^4$ *n* ishqalanish kuchi tasiri ostida *1 min*. dan keyin to'xtaydi. Poezd qanday tezlik bilan harakat qilgan?

2.11. *20 t* massali vagon *0,3 m/sek*^{2} o'zgarmas manfiy tezlanish bilan harakat qiladi. Vagonning boshlang'ich tezligi *54 km/soat* . 1) Vagonga qanday tormozlanish kuchi ta'sir qilgan? 2) Vagon qancha vaqtdan keyin to'xtaydi? 3) Vagon to'xtaguncha qancha masofani bosib o'tadi?

2.12. *0,5 kg* massali jism shunday to'g'ri chiziqli harakatlandiki, u o'tgan *S* yo'lning *t* vaqtga bog'lanishi $s=A-Bt+Ct^2-Dt^3$ tenglama bilan berilgan, bunda $S=5$ *m/sek*^{2} $D=1$ *m/sek*^{3} . harakatning birinchi sekundining oxirida jismga ta'sir qilgan kuchning kattaligi topilsin.

2.13. *G'=1kG* o'zgarmas kuch ta'sirida jism shunday to'g'ri chiziqli harakatlandiki, u o'tgan S yo'lning t vaqtga bog'lanishi $s=A-Bt+Ct^2$ tenglama bilan berilgan. Doimiylik $S=1$ *m/sek*^{2} bo'lsa, jismning massasi topilsin.

2.14. *t =0,5 kg* massali jism shunday harakatlanadiki, u o'tgan *S* yo'lning *t* vaqtga bog'lanishi $s=A\sin\omega t$ tenglama bilan berilgan, bunda $A=5$ *sm* va $\omega=\pi$ *rad/sek.* Harakat boshlanishidan *t = 1/6 sek* o'tgach, jismga ta'sir qiluvchi *G'* kuch topilsin.

2.15. $\upsilon=600$ *m/sek* tezlik bilan uchayotgan $t=4{,}65\cdot10^{-26}$ *kg* massali molekula idish devoriga tik uriladi va tezligini o'zgartirmasdan devordan elastik qaytadi. Urilish vaqtida idish devoriga berilgan kuch impulьsi topilsin.

2.16. $\upsilon=600$ *m/sek* tezlik bilan uchayotgan $t=4{,}65\cdot10^{-26}$ *kg* massali molekula normalga nisbatan idish devoriga 60^0 burchakda uriladi va shunday burchakda tezligini o'zgartirmay elastik qaytadi. Urilish vaqtida idish devoriga berilgan kuch impulьsi topilsin.

2.17. Biror balandlikdan tik tushayotgan *0,1 kG* og'irlikdagi sharcha qiya tekislikka uriladi va tezligini o'zgartirmasdan tekislikdan elastik qaytadi. Tekislikning gorizontga nisbatan qiyaligi 30^0 ga teng. Urilish vaqtida tekislikning olgan kuch impulьsi *1,73 n·sek* ga teng. SHar tekislikka urilgandan qancha vaqt o'tgach traektoriyasining eng yuqori nuqtasida bo'ladi?

2.18. Kesim yuzi $S=6$ *cm*^{2} bo'lgan suv oqimi devorga normalga nisbatan $\alpha=60^0$ burchakda uriladi va tezligini o'zgartirmasdan devordan elastik qaytadi. Agar suv oqimining tezligi $\upsilon=12$ *m/sek* bo'lsa, devorga ta'sir qiluvchi kuch topilsin.

2.19. Tramvay joyidan qo'zg'algandan keyin $a=0{,}5$ *m/sek*^{2} o'zgarmas tezlanish bilan harakatlanadi. Harakat boshlanganidan *t= 12 sek* o'tgach tramvaynig motori o'chiiladi va tramvay to'xtash joyigacha tekis sekinlanuvchan harakatlanadi. Butun yo'l bo'yicha ishqalanish koeffitsenti *k=0,01ga* teng. 1) tramvayning eng katta tezligi,

2)tramvay to'xtaguncha o'tgan vaqt, 3) tekis sekinlanuvchan harakatda tramvayning manfiy tezlanishi, 4) tramvay to'xtaguncha bosib o'tilgan yo'li topilsin.

2.20. Avtomobilning og'irligi *9,8 ·10*^{3} *n*. Avtomobilь harakatlanayotganda unga o'z og'irligining *0,1* qismiga teng bo'lgan ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. 1) Avtomobilь tekis harakatlanganda motorning tortish kuchi qancha bo'lishi kerak? 2) avtomobil *2 m/sek*^{2} tezlanish bilan harakat qilganda-chi?

2.21. *a=2,44 m/sek*^{2} o'zgarmas tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilь bakidagi benzinning sirti gorizont bilan qanday *α* burchak tashkil qiladi?

2.22. Tramvy vagoning shipiga mahkamlangan ipga shar osilgan. Vagon tormozlanganda, uning tezligi, *Δt= 3 sek* vaqt oraligida υ_1*=18 km/soat* dan υ_2*=6km/soat* gacha bir tekisda o'zgaradi. Bunda shar osilgan ip qanday α burchakka og'adi?

2.23. Temir yo'l vagoni tormozlanganda, uning tezligi $\Delta t = 3{,}3 сек$ vaqt oraligida $\vartheta_1 = 47{,}5\ км/соат$ dan $\vartheta_2 = 30\ км/соат$ gacha bir tekisda o'zgardi. Vagon tormozlanganda, polkadagi chamadon siljiy boshlashi uchun, chamadon bilan polka orasidagi ishqalanish koeffitsientining chegaraviy qiymati qanday bo'lishi kerak?

2.24. Stolda yotgan arqonning osilib turgan qismining uzunligi uning butun uzunligining *25%* ini tashkil qilganda, u sirg'anib tusha boshlaydi. Arqonning stolga ishqalanish koeffitsenti nimaga teng?

2.25. Avtomobilning og'irligi *1 T*. Avtomobilь harakatlanayotganda unga o'z og'irligining *0,1* qismiga teng bo'lgan ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Agar avtomobilь o'zgarmas tezlik bilan: 1) qiyaligi har *25 m* yo'lda *1 m* balandlikka ko'tariladigan toqqa chiqayotsa, 2) xuddi shu qiyalikdagi tog'dan tushayotgan bo'lsa, avtomobilь motorining tortish kuchi topilsin.

2.26. Qiyaligi har *25 m* yo'lda *1 m* balandlikka ko'tariladigan toqqa *1 m/sek*^{2} tezlanish bilan chiqayotgan avtomobilь motorining tortishish kuchi topilsin. Avtomobilning og'irligi *9,8·10*^{3} *n* va ishqalanish koeffitsienti *0,1* ga teng.

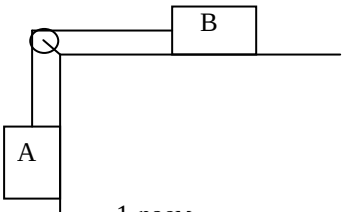
2.27. Jism qiyaligi gorizont bilan *4*^{0} bo'lgan tekislikda yotibdi. 1) Jimning qiya tekislikda sirg'ana boshlashi uchun ishqalanish koeffitsienti qanday chegaraviy qiymatga ega bo'lishi kerak? 2) Agar ishqalanish koeffitsienti *0,03* bo'lsa, jism qanday tezlanish bilan sirg'anadi? 3) SHunday sharoitda jism *100 m* yo'lni qancha vaqtda o'tadi? 4) SHu *100 m* yo'lning oxirida jism qanday tezlikka erishadi?

2.28. Jism gorizont bilan $\alpha = 45^0$ burchak tashkil qilgan qiya tekislikdan sirg'anib tushmoqda. Jism $S = 36{,}4\ см$ masofani o'tganda $\vartheta = 2\ м/сек$ tezlikka erishdi. Jismning tekislikka ishqalanish koeffitsienti aniqlansin.

2.29. Jism gorizont bilan $\alpha = 45^0$ burchak tashkil qilgan qiya tekislikdan sirg'anib tushmoqda. Jism o'tgan S - yo'lning t vaqtga bog'lanishi $S = Ct^2$ tenglama bilan berilgan, bunda $C = 1{,}73 м/сек^2$. Jismning tekislikka ishqalanish koeffitsienti topilsin.

2.30. Og'irliklari $P_1 = 2кГ$ va $P_2 = 1кГ$ bo'lgan toshlar bir-biriga ip bilan birlashtirilib, vaznsiz blokka osilgan. 1) Toshlarning harakat tezlanishi, 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Blokka bo'lgan ishqalanish hisobga olinmasin.

2.31. Vaznsiz blok stolning qirrasiga mahkamlangan (1-rasm). Og'irliklari $P_1 = P_2 = 1кГ$ bo'lgan *A* va *B* toshlar bir-

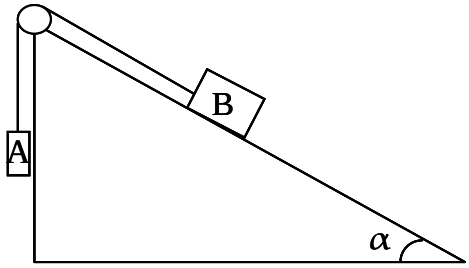


biriga ip bilan birlashtirilib, blokka osilgan. *B* toshning stolga ishqalanish koeffitsienti $k = 0{,}1$ ga teng. 1) Toshlarning harakat tezlanishi, 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Blokdagi ishqalanish hisobga olinmasin.

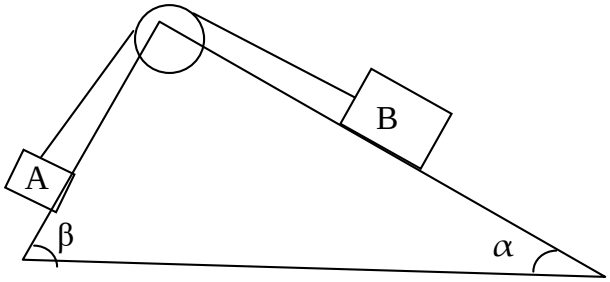
2.32. Gorizont bilan $\alpha = 30^0$ burchak tashkil qilgan qiya tekislikning eng yuqori cho'qqisiga vaznsiz blok mahkamlangan (2-rasm). Og'irliklari $P_1 = P_2 = 1кГ$ bo'lgan *A* va *B* toshlar bir-biriga ip bilan birlashtirilib, blokka osilgan. 1) Toshlarning harakat tezlanishi, 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Blokdagi ishqalanish xuddi shuningdek *B* toshning qiya tekislikka ishqalanishi hisobga olinmasin.

2.33. Oldingi masalani *B* toshning qiya tekislikka ishqalanish koeffitsienti $k = 0{,}1$ ga teng bo'lgan shart uchun yechilsin. Blokdagi ishqalanish xisobga olinmasin.

2.34. Gorizont bilan $\alpha = 30^0$ va $\beta = 45^0$ burchak tashkil qilgan ikkita qiya tekislikning eng yuqori cho'qqisiga vaznsiz blok mahkamlangan (3-rasm). Og'irliklari



2-расм



3-расм

$P_1 = P_2 = 1кГ$ bo'lgan *A* va *B* toshlar bir-biriga ip bilan birlashtirilib, blokka osilgan. 1) Toshlarning harakat tezlanishi, 2) ipning taranglik kuchi topilsin. Blokdagi ishqalanish xuddi shuningdek *A* va *B* toshlarning qiya tekislikka ishqalanishi hisobga olinmasin.

2.35. Oldingi masalani *A* va *B* toshlarning qiya tekislikka ishqalanish koeffitsientlari $k_1 = k_2 = 0{,}1$ ga teng bo'lgan shart uchun yechilsin. Blokdagi ishqalanish xisobga olinmasin. Bu masalani yechimini beruvchi formuladan xususiy hollarda 2.30-2.34 masalalarning yechimini olish mumkinligi ko'rsatilsin.

2.36. Og'irligi 2 *kG* yukni $h = 1м$ balandlikka F o'zgarmas kuch bilan vertikal ko'tarishda *A=8 kG m* ish bajarilgan. Yuk qanday tezlanish bilan ko'tarilgan?

2.37. Yuqoriga ko'tarilayotgan samolyot $h = 5км$ balandlikda $\vartheta = 360км/соат$ tezlikka erishadi. Samolyotning tezligini oshirishga sarf bo'lgan ishdan ko'tarilishda og'irlik kuchiga qarshi bajarilgan ish necha marta katta?

2.38. Harakatdagi *2 kg* massali jismning: 1) tezligini *2 m/sek* dan *5 m/sek* gacha oshirish uchun, 2) boshlang'ich tezligi *8 m/sek* bo'lganda uni to'xtatish uchun qanday ish bajarish kerak?

2.39. $\vartheta_1 = 15\ м/сек$ tezlik bilan uchib kelayotgan koptok raketa bilan urilib qarama-qarshi tomonga $\vartheta_2 = 20\ м/сек$ tezlik bilan uloqtirilgan. Bunda koptok kinetik energiyasining o'zgarishi $\Delta W = 8{,}75\ ж$ ga teng bo'lsa, koptok harakat miqdorining o'zgarishi topilsin.

2.40. Muz ustida $\vartheta = 2\ м/сек$ tezlik bilan sirg'antirib yuborilgan tosh $s = 20{,}5$ m masofada to'xtaydi. Toshning muzga ishqalanish koeffitsienti o'zgarmas deb hisoblab, uning qiymati topilsin.

2.41. Og'irligi *20 T* bo'lgan vagon *6000 n* ishqalanish kuchi ta'sirida tekis sekinlanuvchan harakat qiladi va ma'lum vaqt o'tgach to'xtaydi. Vagonning boshlang'ich tezligi *54 km/soat* ga teng. 1) Ishqalanish kuchining ishi, 2) vagon to'xtaguncha o'tgan masofa topilsin.

2.42. SHafyor yo'ldagi to'siqdan *25 m* narida avtomobilga tormoz bera boshlaydi. Avtomobilning tormoz kolodkalaridagi ishqalanish kuchi o'zgarmas va 3840 *n* ga teng. Avtomobilning og'irligi *1 T*. Avtomobilь to'siq oldida to'xtashga ulgurishi uchun, u qanday maksimal tezlikda yurishi mumkin? G'ildirakning yo'lga ishqalanishi xisobga olinmasin.

2.43. Tramvay *a=49,0 sm/sek*^{2} tezlanish bilan harakatlanadi. Agar motor quvvatining *50%* i ishqalanish kuchini yengishga va *50%* i harakatning tezligini oshirishga sarf bo'lgani ma'lum bo'lsa, ishqalanish koeffitsienti topilsin.

2.44. Jism *10 m* masofada o'z tezligini *2 m/sek* dan *6 m/sek* gacha oshirish uchun zarur bo'lgan ish topilsin. Yo'lnig hamma qismida *0,2 kG* ga teng o'zgarmas ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Jismning massasi *1 kg* ga teng.

2.45. Avtomobilning og'irligi *9,8·10*^{3} *n*. Avtomobilь harakatlanayotganda unga o'z og'irligining *0,1* qismiga teng bo'lgan o'zgarmas ishqalanish kuchi kuchi ta'sir qiladi. Avtomobilь *0,5 km* masofada o'z tezligini $\vartheta_1 = 10 км/соат$ dan $\vartheta_2 = 40 км/соат$ gacha oshirish uchun, uning dvigateli qancha miqdorda benzin sarf qiladi? Dvigatelning foydali ish koeffitsienti *20%* , benzinning issiqlik berish qobiliyati *4,6·10*^{7} *j/kg* ga teng.

2.46. Dvigatelning o'rtacha quvvati *15 o.k.* ga teng bo'lgan avtomobilь *100 km* yo'lni *30 km/soat* o'rtacha tezlik bilan bosib o'tganda qancha miqdorda benzin sarflagan? Dvigatelning f.i.k. *22%*. Qolgan zarur ma'lumotlar oldingi masalaning shartidan olinsin.

2.47. Avtomobilь *40 km/soat* tezlik bilan harakatlanganda, har *100 km* yo'lga *13,5 l* benzin sarf qilsa va shu sharoitda quvvati *16,3 o.k.* ga teng bo'lsa, avtomobilь dvigatelining f. i. k. topilsin. Benzinning zichligi *0,8 g/sm*^{3} . qolgan zarur ma'lumotlar 2.45-masalaning shartidan olinsin.

2.48. *1 kg* massali *9,8 m/sek* boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga otilgan toshning kinetik, potentsial va to'la energiyasining vaqtga bog'lanish grafigi $0 \le t \le 2\ сек$ intervalda *0,2 sek* dan oralatib chizilsin. 1.11-masalaning yechilish natijalaridan foydalanilsin.

2.49. Oldingi masalaning shartidan toshning kinetik, potentsial va to'la energiyasining yo'lga bog'lanish grafigi chizilsin.

2.50. Og'irligi *2 kG* bo'lgan tosh ma'lum balandlikdan yerga *1,43 sek* da tushadi. Toshning yo'lning o'rta nuqtasidagi kinetik va potentsial energiyasi topilsin. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

2.51. Tosh balandligi *'=25 m* bo'lgan minoradan $\vartheta_0 = 15 м/сек$ tezlik bilan gorizontal otilgan. Toshning harakat boshlanishidan bir sekund o'tgach kinetik va

potentsial energiyasi topilsin. Tosh massasi *m= 0,2 kg* ga teng. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

2.52. Tosh gorizontga $\alpha = 60^0$ burchakda $\vartheta_0 = 15 м/сек$ tezlik bilan otilgan. Toshning 1) harakat bolanishidan bir sekund o'tgach, 2) harakat traektoriyasining eng yuqori nuqtasidagi kinetik va potentsial energiyasi topilsin. Tosh massasi $m = 0{,}2 кг$ ga teng. Havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

2.53. Sport yadrosi gorizontga $\alpha = 30^0$ burchakda uloqtirilganda *A=216 j* ish sarf bo'lgan. Yadro qancha vaqtdan keyin va otilgan joydan qancha masofada yerga tushadi. Yadroning og'irligi *P=2 kG* . havoning qarshiligi xisobga olinmasin.

2.54. *10 g* massali moddiy nuqta *6,4 sm* radiusli aylana bo'ylab o'zgarmas tangentsial tezlanish bilan harakatlandi. Agar harakat boshlangandankeyingi ikkinchi marta aylanishining oxirida moddiy nuqtaning kinetik energiyasi $8 \cdot 10^{-4}$ *j* ga tengligi ma'lum bo'lsa, harakatning tangentsial tezlanishi topilsin.

2.55. Balandligi *1 m*, og'ma tomoni uzunligi *10 m* bo'lgan qiya tekislikdan *1 kg* massali jism sirg'anib tushmoqda. Jismning 1) qiya tekislikning asosidagi kinetik energiyasi, 2) shu asosidagi tezligi, 3) to'xtaguncha yo'lning gorizontal qismida bosib o'tgan masofasi topilsin. Yo'lning hamma qismida ishqalanish koeffitsienti o'zgarmas va *0,05* ga teng deb olinsin.

2.56. Dastlab jism gorizont bilan $\alpha = 8^0$ burchak tashkil qilgan qiya tezlikda keyin gorizontal sirtda sirg'anadi. Jismning qiya va gorizontal tekislikda o'tgan masofalari teng bo'lsa ishqalanish koeffitsienti topilsin.

2.57. Balandligi *0,5 m* og'ma tomoni uzunligi *1 m* bo'lgan qiya tekislikda *3 kg* massali jism sirg'anib tushmoqda. Jism qiya tekislikning asosiga *2,45 m/sek* tezlik bilan yetib keladi. 1) Jismning tekislikka ishqalanish koeffitsienti, 2) ishqalanishda ajralgan issiqlikning miqdori topilsin. Jismning boshlang'ich tezligi nolga teng.

2.58. *2m* massali avtomobiль har *100 m* yo'lda *4 m* balandlikka ko'tariladigan toqqa chiqmoqda. Ishqalanish koeffitsienti *8%* ga teng. Avtomobiль dvigatelining: 1) *3 km* yo'l yurganda bajargan ishi. 2) shu yo'lni *4 min* da bosib o'tsa, quvvati topilsin.

2.59. *36 km/soat* o'zgarmas tezlik bilan ketayotgan *1 T* massali avtomobiль dvigatelining; 1) gorizontal yo'lda ketayotganda, 2) har *100 m* yo'lda *5 m* balandlikka ko'tarilayotgan toqqa chiqayotganda, 3) shu qiyalikdagi tog'dan tushayotganda qanday quvvatga ega bo'lishi topilsin. Ishqalanish koeffitsienti *0,07* ga teng.

2.60. Og'irligi *T* bo'lgan avtomobiль tog'dan motori o'chirilgan holda *53 km/soat* o'zgarmas tezlik bilan tushmoqda. Tog' har *100 m* yo'lda *4 m* balandlikka ko'tariladigan qiyalikka ega. SHu tog'ning o'ziga o'shanday tezlik bilan ko'tarilishi uchun avtomobilning dvigateli qanday quvvatga ega bo'lishi kerak?

2.61. Relьsda turgan $P_1 = 10$T og'irlikdagi platformaga $P_2 = 5$ *T* og'irlikdagi to'p o'rnatilgan bo'lib, undan relьs bo'ylab o'q otiladi. Snaryadning og'irligi $P_3 = 100$ *kG*, uning to'pga nisbatan boshlang'ich tezligi $\vartheta_0 = 500$*m/sek*. Agar platforma 1) qo'zg'almay turgan, 2) o'q otilgan tomonga $\vartheta_1 = 18$ km/soat tezlik bilan harakat qilayotgan, 3) o'q otilishiga qarama-qarshi tomonga $\vartheta_1 = 18$ *km/soat* tezlik bilan harakat qilayotgan bo'lsa snaryad otilgan paytdagi platformaning ϑ_x tezligi topilsin.

2.62. *5 kg* massali miltiqdan $5 \cdot 10^{-3}$*kg* massali o'q *600 m/sek* tezlik bilan otilib chiqadi. Miltiqning orqaga tepish tezligi topilsin.

2.63. *8 km/soat* tezlik bilan chopib kelayotgan *60 kG* og'irlikdagi odam *2,9 km/soat* tezlik bilan ketayotgan *80 kG* og'irlikdagi aravachani quvib yetadi va unga sakrab chiqadi. 1) shu paytda aravacha qanday tezlik bilan harakat qiladi? 2) Agar odam aravachaga qarshi tomondan kelib chiqsa, u qanday tezlik bilan harakat qiladi?

2.64. *500 m/sek* tezlik bilan temir yo'l bo'ylab gorizontal uchib kelayotgan *980 n* og'irlikdagi snaryad *10 T* og'irlikdagi qum solingan vagonga tegadi va unga tiqilib qoladi. Vagonning 1) harakatsiz turgan, 2) snaryad yo'nalishida *36 km/soat* tezlik bilan harakat qilayotgan, 3) snaryadga qarama-qarshi yo'nalishda *36 km/soat* tezlik bilan harakat qilayotgan paytlarda olgan tezligi topilsin.

2.65. *10 m/sek* tezlik bilan uchib ketayotgan granata portlab ikkiga parchalandi. Granata og'irligining *60%* ni tashkil qilgan kattaroq parcha dastlabki yo'nalishda, ammo *25 m/sek* ga teng tezlik bilan o'z harakatini davom ettiradi. Kichik parchaning tezligi topilsin.

2.66. Og'irligi *1 kG* jism *1 m/sek* tezlik bilan gorizontal harakatlanib, *0,5 kG* og'irlikdagi jismni quvib yetadi va u bilan elastikmas to'qnashadi. 1) Ikkinchi jism harakatsiz turgandagi, 2) ikkinchi jism birinchi jismning yo'nalishida *0,5 m/sek* tezlik bilan harakat qilgandagi, 3) ikkinchi jism birinchi jismga qarama- qarshi yo'nalishda *0,5 m/sek* ga teng tezlik bilan harakat qilgandagi hollar uchun jismlarning urilishdan keyingi tezliklari topilsin.

2.67. Muz ustida turgan *70 kG* og'irlikdagi konьkichi gorizontal yo'nalishda *3 kG* og'irlikdagi toshni *8 m/sek* tezlik bilan uloqtirgan. Agar konьkilarning muzga ishqalanish koeffitsienti *0,02* ga teng bo'lsa, konьkichining qancha masofaga sirg'anib borishi topilsin.

2.68. Harakatsiz aravachada turgan odam *2 kg* massali toshni gorizontal yo'nalishda oldinga tomon uloqtiilganda aravacha *0,1 m/sek* tezlik bilan orqaga g'ildiraydi. Aravacha bilan odamning og'irligi *100 kG* ga teng. Otilgan toshning harakat boshlanishidan *0,5 sek* o'tgandan keyingi kinetik energiyasi topilsin. Toshning harakatida havoning qarshligi hisobga olinmasin.

2.69. Og'irligi $P_1 = 2\,kG$ jism $P_2 = 1{,}5$ *kG* og'irlikdagi ikkinchi jismga qarama-qarshi harakatlanib, u bilan elastikmas to'qnashadi. Jismlarning to'qnashishdan oldingi tezliklari mos ravishda $\vartheta_1 = 1$m/sek va $\vartheta_2 = 2\,m/sek$ ga teng. Agar ishqalanish koeffitsienti $k = 0{,}05$ga teng bo'lsa to'qnashishdan keyin bu jismlar qancha vaqt harakatlanadi?

2.70. Avtomat minutiga *600* ta o'q chiqaradi. Har bir o'qning massasi *4 g*, uning boshlang'ich tezligi *500 m/sek*. Otish vaqtidagi orqaga tepishning o'rtacha kuchi topilsin.

2.71. Relьsda og'irligi $P_1 = 10$ T bo'lgan platforma turibdi. Platforma ustiga $P_2 = 5T$ og'irlikdagi to'p o'rnatilgan, undan relьs bo'ylab snaryad otiladi. Snaryadning og'irligi $P_3 = 100$ *kG*, uning to'pga nisbatan boshlang'ich tezligi $\vartheta_0 = 500\,m/sek$. Quyidagi hollarda: 1) platforma qo'zg'almay turganda, 2) platforma $\vartheta_1 = 18$ *km/soat* tezlik bilan harakat qilib, otish platforma harakati yo'nalishida bo'lganda, 3) platforma $\vartheta_1 = 18$ *km/soat* tezlik bilan harakat qilib, otish platforma harakati yo'nalishida bo'lganda uning qanday masofaga siljishi topilsin. Platformaning relьslarga ishqalanish koeffitsienti *0,002* ga teng.

2.72. $5\cdot10^3$ kg massali to'pdan otilib chiqqan *100 kG* og'irlikdagi snaryadning kinetik energiyasi $7{,}5\cdot10^6$ *j* ga teng. Orqaga tepish tufayli to'p qanday kinetik energiyaga ega bo'ladi?

2.73. *3 m/sek* tezlik bilan harakatlanayotgan *2 kG* og'irlikdagi jism *1 m/sek* tezlik bilan harakatlanayotgan *3 kG* og'irlikdagi jismni quvib yetib, unga markaziy uriladi. Urilish: 1) elastik, 2) elastikmas bo'lganda jismlarning to'qnashishdan keyingi tezliklari topilsin. Jismlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanadi.

2.74. Oldingi masaladagi elastik to'qnashishdan so'ng birinchi jism to'xtab qolishi uchun, jismlarning massalari orasidagi munosabat qanday bo'lishi kerak?

2.75. Og'irligi *3 kG* bo'lgan jism *4 m/sek* tezlik bilan harakatlanib xuddi shunday og'irlikdagi qo'zg'almas jism bilan to'qnashadi. To'qnashishni markaziy va elastikmas hisoblab, urilishda ajralib chiqqan issiqlik miqdori topilsin.

2.76. *2,5 kg* masali qo'zg'almay turgan jismga *5 kg* massali jism urilgandan keyin u *5 j* kinetik energiya bilan harakatlanadi. Urilishni markaziy va elastik hisoblab, birinchi jismning urilishdan oldingi va keyingi kinetik energiyasi topilsin.

2.77. Og'irligi *49 n* bo'lgan jism *2,5 kG* og'irlikdagi qo'zg'almas jism bilan to'qnashgandan keyin, bu ikki jismlar sistemasining kinetik energiyasi *5 j* ga teng bo'lib qolgan. Uilishni markaziy va elastikmas hisoblab, birinchi jismning urilishdan oldingi kinetik energiyasi topilsin.

2.78. Ikki jism bir-biriga qarama-qarshi harakatlanib, elastikmas to'qnashadi. Urilishgacha birinchi jismning tezligi $\vartheta_1 = 2\,м/сек$ ga, ikkinchisiniki esa $\vartheta_2 = 4\,м/сек$ ga teng. Urilishdan keyingi ikkala jism tezliklarining yo'nalishi ϑ_1 tezlik yo'nalishida bo'lib, $\vartheta = 1\,м/сек$ ga teng bo'lgan. Birinchi jismning kinetik energiyasi necha marta katta bo'lgan?

2.79. Ikkita shar bir-biriga tegib turadigan qilib, bir xil uzunlikdagi paralel iplarga osilgan. Birinchi sharning massasi *200 g*, ikkinchisiniki esa *100 g*. Birinchi sharning og'irlik markazi *4,5 sm* balandlikka ko'tarilguncha og'dirilgan va qo'yib yuborilgan. Agar to'qnashish 1) elastik, 2) elastikmas bo'lsa, sharlar urilishgandan keyin qanday balandlikka ko'tariladi?

2.80. Gorizontal uchib kelayotgan o'q juda yengil qattiq sterjenga osilgan sharga tegadi va unda tiqilib qoladi. O'q massasi shar massasidan *1000* marta kichik. Sterjenь osilgan nuqtadan sharning markazigacha bo'lgan oraliq *1 m* ga teng. Agar o'q tekkandan keyin shar osilgan sterjenь 10^0 burchakka og'sa, o'qning tezligi topilsin.

2.81.Gorizontal uchib kelayotgan o'q yengil qattiq sterjenga osilgan sharga tegadi va unda tiqilib qoladi. O'qning massasi $m_1 = 5г$ va sharning massasi $m_2 = 0{,}5кг.$ o'qning tezligi $\vartheta_1 = 500\,м/сек$. O'q tekkandan keyin shar aylananing eng yuqori nuqtasiga ko'tarilishi uchun sterjenning chegaraviy uzunligi
(osilish nuqtasidan shar markazigacha bo'lgan oraliq) qanday bo'lishi kerak?

2.82. Og'irligi *0,5 kG* bo'lgan yog'och bolg'a qo'zg'almas devorga *1 m/sek* tezlik bilan uriladi. Urilishda tiklanish koeffitsenti *0,5* ga teng deb hisoblab, ajralib chiqqan issiqlik miqdori topilsin. Jismning urilishdan keyingi va tezligining urilishdan oldingi tezligiga bo'lgan nisbati tiklanish koeffitsienti deb aytiladi.

2.83. Oldingi masala shartiga ko'ra urilish vaqtida devorga ta'sir etuvchi kuchning impulьsi topilsin.

2.84. Yog'och sharcha *2 m* balandlikdan vertikal ravishda pastga boshlang'ich tezliksiz tushadi. SHarchaning polga urilishdagi tiklanish koeffitsenti *0,5* ga teng deb hisoblansin. 1) Polga urilgandan keyin sharcha qanday balandlikka ko'tarilganligi, 2) bu urilishda ajralib chiqqan issiqlik miqdori topilsin. SHarchaning massasi *100 g*.

2.85. Plastmassadan qilingan sharcha *1 m* balandlikdan tushib, poldan bir necha marta sakraydi. Agar sharchaning polga tushgan paytdan ikkinchi urilishigacha *1,3 sek* vaqt o'tgan bo'lsa, sharchaning polga urilishdagi tiklanish koeffitsenti topilsin.

2.86. Po'lat sharcha *1,5 m* balandlikdan po'lat taxtachaning ustiga tushib, undan $\vartheta_2 = 0{,}75\vartheta_1$ tezlik bilan sakraydi, bunda ϑ_1- sharchaning taxtaga urilishdan oldingi tezligi. 1) sharcha qanday balandlikka ko'tariladi? 2) SHarcha harakatining boshlanishidan taxtaga ikkinchi marta urilguncha qancha vaqt o'tadi?

2.87. Metall sharcha $h_1 = 1м$ balandlikdan po'lat taxtachaning ustiga tushib, undan $h_2 = 81см$ balandlikkacha sakraydi. SHarcha materialning tiklanish koeffitsienti topilsin.

2.88. $m = 20г$ massali po'lat sharcha $h_1 = 1м$ balandlikdan po'lat taxtachaning ustiga tushib, undan $h_2 = 81см$ balandlikkacha sakraydi. 1) Urilish vaqtida taxtachaning olgan kuch impulьsi, 2) urilishda ajralgan issiqlik miqdori topilsin.

2.89. Harakatdagi m_1 massali jism qo'zg'almas m_2 massali jismga uriladi. Urilish elstikmas va markaziy bo'lsa, urilishda boshlang'ich kinetik energiyaning qancha qismi issiqlikka aylanadi? Masala avval umumiy ko'rinishda yechilsin, keyin esa 1) $m_1 = m_2$ va 2) $m_1 = 9m_2$ hollar uchun ko'rib chiqilsin.

2.90. Harakatdagi m_1 massali jism qo'zg'almas m_2 massali jismga uriladi. Urilish elstik va markaziy bo'lsa, urilishda birinchi jism o'zining boshlang'ich kinetik energiyasining qancha qismini ikkinchi jismga beradi? Masala avval umumiy ko'rinishda yechilsin, keyin esa, 1) $m_1 = m_2$ 2) $m_1 = 9m_2$ hollar ko'rib chiqilsin.

2.91. Harakatdagi m_1 massali jism qo'zg'almas m_2 massali jismga uriladi. 1) Birinchi jism markaziy elastik urilishda tezligi *1,5* marta kamaygan bo'lsa, massalarning $\frac{m_1}{m_2}$ nisbati nimaga teng? 2) Agar birinchi jismning boshlang'ich W_1 kinetik energiyasi *1 kj* ga teng bo'lsa, ikkinchi jism qanday W_2 kinetik energiya bilan harakatlanadi?

2.92. Neytron (massasi m_0) qo'zg'almas uglerod atomining yadrosiga (massasi $m = 12m_0$) uriladi. Urilish elastik va markaziy bo'lsa, urilishda neytronning kinetik energiyasi necha marta kamayishi topilsin.

2.93. Neytron (massasi m_0) qo'zg'almas: 1) uglerod atomi (massasi $m = 12m_0$), 2) uran atomi (massasi $m = 235m_0$)ning yadrosiga uriladi. Urilish elastik va markaziy bo'lsa, urilishda neytron o'z tezligining qancha qismini yo'qotadi?

2.94.Er o'z o'qi atrofida aylanishi natijasida ekvatordagi jismning og'irligi qancha qismga kamayadi?

2.95. Ekvatordagi jismlarning og'irligi bo'lmasligi uchun Yerda sutkaning uzunligi qancha bo'lishi kerak?

2.96. *5 t* massali tramvay *128 m* radiusli burilishda *9 km/soat* tezlik bilan harakatlanib ketayotgan bo'lsa, g'ildirakning relьsining yon tomoniga bergan bosim kuchi topilsin.

2.97. *60 sm* uzunlikdagi chilvirga bog'langan suv to'ldirilgan chelakcha vertikal tekislikda tekis aylantirilmoqda. 1) Eng yuqorigi nuqtada chelakchadagi suv to'kilib ketmasligi uchun, chelakcha aylanma harakatining eng kichik tezligi, 2) shunday tezlikda aylananing eng yuqorigi va pastki nuq-talaridagi chilvirning tarangligi topilsin. Suvli chelakning massasi *2 kg*

2.98. $l = 50 см$ uzunlikdagi ipga bog'langan tosh vertikal tekislikda tekis aylantirilmoqda. Agar ipning toshdan o'n barobar ko'p yuk osilganda uzilib ketishi ma'lum bo'lsa , ip uzilishi uchun toshning sekundiga aylanish soni qancha bo'lishi topilsin.

2.99. Ipga bog'langan tosh vertikal tekislikda tekis aylantirilmoqda. Agar ipning maksimal va minimal taranglik kuchining farqi *1 kG* ga tengligi ma'lum bo'lsa, toshning massasi topilsin.

2.100. *30 sm* uzunlikdagi ipga bog'langan tosh gorizontal tekislikda *15 sm* radiusli aylana chizadi. Toshning aylanma harakati tezligi minutiga qancha aylanish soniga mos keladi?

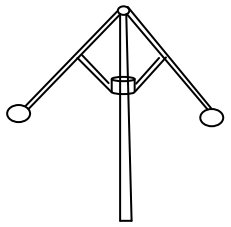
2.101. *25 sm* uzunlikdagi ipga bog'langan *50 g* massali tosh gorizontal tekislikda aylana chizadi. Toshning aylanma tezligi *2 ayl/sek* ga mos keladi. Ipning taranglik kuchi topilsin.

2.102. Disk vertikal o'q atrofida *30 ayl/min* ga mos kelgan tezlik bilan aylanadi. Diskning ustida aylanish o'qidan *20 sm* masofada jism yotibdi. Jism diskdan yumalab tushmasligi uchun jism va disk orasidagi ishqalanish koeffitsienti qanday bo'lishi kerak?

2.103. *900 km/soat* tezlik bilan uchayotgan samolyot "o'lim sirtmog'i" ni hosil qiladi. Uchuvchining o'tirgan stuliga siquvchi maksimal bosim kuchi 1) uchuvchining og'irligidan besh marta ortiq, 2) uning og'irligidan o'n marta ortiq bo'lganda "o'lik sirtmog'i"ning radiuslari qanday bo'ladi?

2.104. Gorizontal yo'lda *72 km/soat* tezlikda borayotgan mototsiklchi *100 m* egrilik radius bilan buriladi. U burilishda yiqilib ketmasligi uchun qancha og'ishi kerak?

2.105. Tramvay shipiga ipgp mahkamlab shar osilgan. Agar vagon *36,4 m* radiusli burilishda *9 km/soat* tezlik bilan harakatlansa, sharli ip qanday burchakka og'adi?



4-расм

2.106. Markazdan qochma regulyator (4-rasm) sterjenlarning uzunligi *12,5 sm* ga teng. Agar aylanma harakatda uchiga sharlar mahkamlangan sterjenlar vertikaldan 60^0, 2) 30^0 burchakka og'sa, markazdan qochma regulyator sekundiga necha marta aylanadi? 1)

2.107. Yo'lning *100 m* radiusli burilish joyi 10^0 qiyalikka ega. Bu burilish qanday tezlikka mo'ljallangan?

2.108. Ipga osilgan *1 kG* og'irlikdagi yuk 30^0 burchakka og'diriladi. Yuk muvozanat vaziyatidan o'tayotgan paytdagi ipning taranglik kuchi topilsin.

2.109. Bola "gigant qadamlar" o'yinida *16 ayl/min* ga mos tezlik bilan aylanadi. Arqonning uzunligi *5 m*. 1) "Gigant qadamlar" arqoni vertikal bilan qanday burchak

tashkil qiladi? 2) Bolaning og'irligi *45 kG* bo'lsa, arqoning taranglik kuchi qanday bo'ladi? 3) Bola qanday chiziqli tezlik bilan aylanadi?

2.110. $l = 0{,}5\,м$ uzunlikdagi vaznsiz sterjenga osilgan $m = 1\,кг$ massali jism vertikal tekislikda tebranadi. 1) Sterjeпь vertikaldan qanday α burchakka og'dirilganda, jismning eng pastki vaziyatdagi kinetik energiyasi W_K =2,45 j ga teng bo'ldi? 2) Og'ish burchagi shunday bo'lganda sterjenning o'rta vaziyatdagi taranglik kuchi eng chekka vaziyatdagi taranglik kuchidan necha marta katta bo'ladi?

2.111. Vaznsiz sterjenga *P* yuk ooosilgan. Yuk 90^0 burchakka og'dirildi va qo'yib yuboriladi. Yuk muvozanat vaziyatdan o'tayotgandagi sterjenning taranglik kuchi topilsin.

2.112. Biror radiusli po'lat sim *300 kG* gacha yukka chidash bera oladi. SHunday simga *150 kg* massali yuk osilgan. Yuk muvozanat vaziyatidan o'tayotganda sim uzilib ketmasligi uchun uni eng ko'pi bilan qanday burchakka og'dirish kerak?

2.113. $l = 50\,см$ uzunlikdagi arqonga bog'langan *0,5 kG* og'irlikdagi tosh vertikal tekislikda bir tekisda aylanmoqda. Aylananing eng pastki nuqtasida arqonning taranglik kuchi *T=44 n* ga teng. Agar toshning tezligi vertikal yuqoriga yo'nalgan paytda arqon uzilib ketsa, tosh qanday balandlikka ko'tariladi?

2.114. Gorizonal tekislikka o'rnatilgan va *R=20,0 m* radius bilan egilgan quvurdan suv oqayotir. Markazdan qochirma kuch ta'siridagi suvning yon bosimi topilsin. Quvrning diametri *d=20 sm*. Quvrning ko'ndalang kesimidan bir soatda *M=300 m* suv o'tadi.

2.115. Gorizontal tekislikda burilish radiusi *10 m* bo'lgan *0,5 m* kenglikdagi kanaldan suv oqmoqda. Suvning oqim tezligi *5 m/sek* ga teng. Markazdan qochirma kuch ta'siridagi suvning yon bosimi topilsin.

2.116. Agar prujinaga ta'sir qiluvchi kuchning deformatsiyaga proportsianalligi va uni *1 sm* siqish uchun *29,4 n* kuch kerakligi ma'lum bo'lsa, bu prujinani *20 sm* siqishda qancha ish bajariladi?

2.117. Agar ressoraning o'rtasiga biror yuk qo'yilganda uning statik egilishi $x_0 = 2\,см$ bo'lsa, o'sha yuk ta'sirida ressoraning eng katta egilishi topilsin. $h = 1\,м$ balandlikdan ressoraning o'rtasiga shu yuk boshlang'ich tezliksiz tushsa, eng katta boshlang'ich egilish qanday bo'ladi?

2.118. Akrobat to'rga $'_2$ *=1m* balandlikdan sakraganda to'rning $'_2$ *= 0,5 m* egilganligi ma'lum. Akrobat to'rga $'_1$ *= 8 m* balandlikdan sakraganda polga urilmasligi uchun, to'rni poldan eng kamida qanday $'_1$ balandlikda tortib qo'yish kerak?

2.119. Tarozi pallasiga yuk qo'yilgan. Tarozining strelkasi tinchlangandan keyin *5* bo'limni ko'rsatgan bo'lsa, dastlabki og'ishda strelka necha bo'limni ko'rsatgan?

2.120. Tarozi pallasiga *1 kG* yuk *10 sm* balandlikdan tushgan. Tebranish to'xtagandan keyin palla *0,5 sm* pastga tushgan. Yuk pallaga urilgan paytda tarozi qanchani ko'rsatadi?

2.121. *20 t* massali vagon ikkala buferi bilan devorga urilganda buferlarning har biri *10 sm* dan siqilgan bo'lsa, vagon qanday tezlik bilan harakat qilgan? Vagon buferlarining har biri *1 T* kuch ta'sirida *1 sm* siqiladi.

2.122. Rogatkadan otayotgan bola rezinka shnurni cho'zganda, uning uzunligi *10 sm* ga ortgan. Agar rezinka shnurni *1 sm* ga cho'zish uchun *1 kG* kuch talab qilinsa, *20 g*

massali tosh qanday tezlik bilan otilgan? Toshning harakatida havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

2.123. Vertikal osib qo'yilgan prujinaning pastki uchiga tosh bog'langan boshqa prujina ulangan. Prujinalarning deformatsiya koeffitsientlari k_1 va k_2 larga teng. Prujinalar og'irligini yukning og'irligiga nisbatan hisobga olmasdan, bu prujinalar potentsial energiyalarining nisbati topilsin.

2.124. Paralel ikkita bir xil prujinaga og'irligi nazarga olinmasa bo'ladigan sterjenь osilgan. Prujinalarning deformatsiya koeffitsientlari mos ravishda $k_1=2$ *kG/sm* va $k_2=3$ *kG/sm* ga teng. Sterjenning uzunligi prujinalarning oraligi ($L=10$ *см*) ga teng. Sterjenь gorizontal vaziyatda qolishi uchun, yukni uning qaeriga osish kerak?

2.125. $m=0{,}1$ *кг* massali rezinka koptok gorizontal yo'nalishda biror tezlik bilan uchib borib, qo'zg'almas vertikal devorga uriladi. Urilishda koptok $\Delta t=0{,}01$ sek vaqt ichida $\Delta x=1{,}37$ *sm* ga siqiladi. Xuddi shu Δt vaqt ichida koptok oldingi shakliga kelib tiklansa, urilish vaqtida devorga ta'sir qilgan o'rtacha kuch topilsin.

2.126. l_0 uzunlikdagi rezinka shnurga bog'lab qo'yilgan $p=4{,}9$ *n* og'irlikdagi tosh gorizontal tekislikda aylana chizadi. Toshning aylanish tezligi $v=2$ *ayl/sek* chastotaga mos keladi. Rezinka shnurning vertikaldan chetlanish burchagi $\alpha=30^0$ ga teng. Rezinka shnurning dastlabki cho'zilmagan l_0 uzunligi topilsin. Rezinka shnurni $x_1=1$ *sm* ga cho'zish uchun $F_1=6{,}0$ *n* kuch talab qiladi.

2.127. $l_0=9{,}5$ *sm* uzunlikdagi rezinka shnurga bog'lab qo'yilgan $p=0{,}5$ *kG* og'irlikdagi yuk vertikaldan $\alpha=90^0$ burchakka chetlatib, qo'yib yuborilgan. Yuk muvozanat vaziyatidan o'tgan paytdagi rezinka shnurning l uzunligi topilsin. Rezinka shnurning deformatsiya koeffitsienti $k=1$ *kG/sm* ga teng.

2.128. $R=10$ *sm* radiusli koptok markazi suvning sirtidan $H=9$ *sm* balandlikda bo'lgan holda suvda suzib yuribdi. Koptokni suvga diametr tekisligigacha (yarmigacha) botirish uchun qancha ish bajarish kerak?

2.129. $R=6$ *sm* radiusli shar sirtining eng yuqori nuqtasi suvning sirtiga uinma holda tashqi kuch bilan suv ostida ushlab turilibdi. SHar materialining zichligi $\rho=500$ *kg/m*^{3} . Agar shar qo'yib yuborilgandan keyin suvda erkin suzayotgan bo'lsa, yuqoriga ko'taruvchi kuch qancha ish bajargan?

2.130. $D=30$ *sm* diametrli shar suvda suzib yuribdi. Bu sharni suvga yana $h=5$ *sm* chuqurroq botirishlik uchun qancha ish bajarish kerak? shar materialining zichligi $\rho=500$ *kg/m*^{3}.

2.131. Ko'ndalang kesim yuzi $S=1$ *m*^{2} va balandligi $H=0{,}4$ *m* bo'lgan muz parchasi suvda suzib yuribdi. Bu muz parchasini suvga to'liq botirishlik uchun qancha ish bajarish kerak?

2.132. Bir-biridan $r=10^{-10}$ *m* masofada turgan ikkita protonning o'zaro tortishish kuchi topilsin. Protonning massasi $m=1{,}67\times10^{-27}$ *kg*. Protonlar nuqtaviy massalar deb olinsin.

2.133. Diametrlari $d_1=4$ *sm* va $d_2=6$ *sm* bo'lgan ikkita mis sharlar bir-biriga tegib turibdi. Bu sistemaning gravitatsion potentsial energiyasi topilsin.

2.134. Yer sharining R radiusini, uning o'rtacha ρ zichligini va Yer sirti yaqinidagi og'irlik kuchining g tezlanishini (kitobning ilova qismidagi jadvallarga qaralsin) bilgan holda tortishish doimiyligi hisoblansin.

2.135. Yer sirtida og'irlik kuchining tezlanishi $g = 9{,}80$ *m/sek*^{2} ga teng deb va kitobning ilova qismidagi III jadvalda berilganlardan foydalanib, quyosh sistemasidagi planetalarning o'rtacha zichligi jadvali tuzilsin.

2.136. Kosmik raketa Oyga tomon uchmoqda, Oy va Yer markazlarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziqning qaysi nuqtasida raketa Yerga ham, Oyga ham birday kuch bilan tortiladi?

2.137. Oy sirtidagi og'irlik kuchining tezlanishini Yer sirtidagi og'irlik kuchining tezlanishi bilan taqqoslang.

2.138. Yerdan Oyga olib borilgan matematik mayatnikning tebranish davri qanday o'zgaradi?

Ko'rsatma. Matematik mayatnik tebranish davrining formulasi $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

2.139. Jism Yerning sun'iy yo'ldoshi sifatida, uning atrofida aylana bo'ylab harakat qilishi uchun, Yer sirtidan jismga gorizontal yo'nalishda berilgan tezlik, ya'ni birinchi kosmik tezlikning son qiymati topilsin.

2.140. Jism yerning tortishini yengib, undan har doim uzoqlab bora olishi uchun Yer sirtidan jismga berilgan tezlik, ya'ni ikkinchi kosmik tezlik topilsin.

2.141. Yer sirtida og'irlik kuchining tezlanishi $g = 980 м/сек^2$ ga teng deb va kitobning ilova qismidagi III jadvalda berilganlardan foydalanib, quyosh sistemasidagi plpnetalar sirtidagi birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar uchun (*km/sek* larda) jadval tuzilsin.

2.142. Yerning orbita bo'ylab harakatidagi chiziqli tezligi topilsin. Yerning orbitasi aylana shaklida deb xisoblansin.

2.143. Yerning sun'iy yo'ldoshi aylana orbita bo'ylab 1) Yer sirtida (havoning qarshiligi xisobga olinmasin), 2) Yer sirtidan $h_1 = 200$ *km* va $h_2 = 7000$ km balandliklarda qanday ϑ chiziqli tezlik bilan harakatlanadi? SHunday shartlarda Yerning sun'iy yo'ldoshining aylanish davri T topilsin.

2.144. 1) Markaziy jism sirtida aylana orbita bo'ylab aylanayotgan sun'iy yo'ldosh aylanish davrining bu jismning o'rtacha zichligiga bog'lanishligi topilsin. 2) *2.135*- masalaning yechilishidan olingan javoblardan foydalanib, quyosh sistemasidagi planetalar sirtida aylana orbita bo'ylab aylanayotgan sun'iy yo'ldoshlar aylanish davrining jadvali tuzilsin.

2.145. Yer sirtidan *200 km* balandlikda aylana orbita bo'ylab harakatlanayotgan Yerning sun'iy yo'ldoshiga ta'sir qiluvchi markazga intilma tezlanish topilsin.

2.146. Mars planetasining Fobs va Deymos deb ataluvchi ikkita yo'ldoshi bor. Bulardan biri Marsning markazidan $R_1 = 9500 km$ oraliqda, ikkinchisi esa $R_2 = 24000$ *km* oraliqda joylashgan. Bu yo'ldoshlarning Mars atrofida aylanish davri topilsin.

2.147. Yerning sun'iy yo'ldoshi ekvator tekisligida aylana orbita bo'ylab g'arbdan sharqqa tomon harakatlanadi. Yo'ldosh kuztavuchiga qo'zg'almas turgandek ko'rinishi uchun, u Yer sirtidan qanday balandlikda bo'lishi kerak?

2.148. Oyning sun'iy yo'ldoshi oy sirtidan *20 km* masofada aylana orbita bo'ylab harakatlanadi. Bu yo'ldosh harakatining chiziqli tezligi hamda uning Oy atrofida aylanish davri topilsin.

2.149. Oy uchun birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarning son qiymatlari topilsin (2.139 va 2.140-masalalarning shartiga qaralsin).

2.150. Jism og'irlik kuchining tezlanishi bilan uning Yer sirtidan balandligi o'rtasidagi bog'lanish topilsin. Qanday balandlikda og'irlik kuchining tezlanishi Yer sirtidagi og'irlik kuchi tezlanishining *25%* ini tashkil qiladi?

2.151. Yer sirtidan qanday masofada og'irlik kuchining tezlanishi $1\ m/sek^2$ ga teng bo'ladi?

2.152. Yer atrofida aylana traektoriya bo'ylab harakatlanayotgan Yer sun'iy yo'ldoshining kinetik energiyasi uning gravitatsion potentsial energiyasidan necha marta kichik?

2.153. Jismni yer sirtidan ' chuqurlikka tushirilgandagi og'irlik kuchi tezlanishining o'zgarishi topilsin. Qanday chuqurlikda og'irlik kuchining tezlanishi Yer sirtidagi og'irlik kuchi tezlanishining *25%* ini tashkil qiladi? Yerning zichligi o'zgarmas deb hisoblansin.

Ko'rsatma . Yer sirtidan ' chuqurlikdagi jism o'zidan yuqorida yotgan ' qalinlikdagi shar qatlamiga xech tortilmaydi, chunki shu qatlam ayrim qismlarining tortishish kuchlari o'zaro kompensatsiyalashadi.

2.154. Agar tog' cho'qqisida va shaxtaning tubida mayatnikning tebranish davri bir xil bo'lsa, tog'ning ' balandligi bilan shaxtaning ' chuqurligi orasidagi munosabat qanday?

Ko'rsatma. Matematik mayatnik tebranish davrining formulasi *12-§* da keltirilgan.

2.155. Sovet sun'iy planetasi elliptik orbitasining katta yarim o'qi Yer orbitasining katta yarim o'qidan *24* million kilometrga uzun bo'lsa, bu planetaning Quyosh atrofidan aylanish davri topilsin.

2.156. Sovet sun'iy planetasining orbitasi aylana shakliga yaqindir. Quyoshning diametrini va uning o'rtacha zichligini bilgan holda, planetaning orbitasini aylana hisoblab, uning chiziqli tezligi va Quyosh atrofidagi aylanish davri topilsin. Planetaning Quyoshdan o'rtacha oralig'i $R=1,71\cdot10^8\ km$ ga teng.

2.157. Dunyodagi birinchi yer sun'iy yo'ldoshi orbitasining katta o'qi ikkinchi yo'ldosh orbitasining katta o'qidan *800 km* ga kichik bo'lgan. Harakatning boshlarida birinchi yo'ldoshning Yer atrofidagi aylanish davri *96,2 min* ga teng bo'lgan. 1) Ikkinchi Yer sun'iy yo'ldoshi orbitasining katta o'qi , 2) uning Yer atrofidagi aylanish davri topilsin.

2.158. Kosmik kema-yo'ldosh "Vostok-2" ning Yer sirtidan minimal uzoqligi *183 km* ni, maksimal uzoqligi *244 km* ni tashkil qiladi. Kosmik kemaning Yer atrofidagi aylanish davri topilsin.

2.159. r radiusli ingichka simdan qilingan halqa o'z o'qida, markazdan L masofada turgan m massali moddiy nuqtani qanday kuch bilan tortadi? Halqaning radiusi R ga, sim mateialining zichligi ρ ga teng.

2.160. *1 mm* radiusli mis simdan qilingan halqa berilgan. Halqaning radiusi *20 sm* ga teng. 1) Halqaning o'z o'qida, markazidan $L=0, 5, 10, 15, 20\ sm$ va *50 sm* masofada turgan *2 g* massali moddiy nuqtani qanday F kuch bilan tortishi topilsin. F kuchning

ifodalariga jadval tuzilsin va $F=f(L)$ bog'lanish grafigi chizilsin. 2) Halqa markazidan qanday L_{max} masofada halqa bilan moddiy nuqta orasidagi o'zaro ta'sir kuchi maksimal bo'ladi? 3) Halqa bilan moddiy nuqta orasidagi o'zaro maksimal ta'sir kuchining son qiymati topilsin.

2.161. Halqa bilan moddiy nuqtaning o'zaro ta'sir F kuchining ifodasi, moddiy nuqta halqa o'qida va uning markazidan L_{max} masofada turganda, maksimal qiymatga ega bo'ladi. Halqa markazidan $L= 0,5L_{max}$ masofada turgan halqa bilan moddiy nuqta orasidagi o'zaro ta'sir kuch maksimal ta'sir kuchidan necha marta kichik bo'ladi?

3-§. Qattiq jismlarning aylanma harakati

F kuchning biror aylanish o'qiga nisbatan momenti M quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$M = F \cdot l,$$

bunda l - aylanish o'qidan kuch yo'nalgan to'g'ri chiziqqacha bo'lgan masofa.

Moddiy nuqtaning biror aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti deb

$$J = mr^2$$

kattalikka aytiladi, bunda m - moddiy nuqtaning massasi va r -nuqtaning o'qdan uzoqligi.

Qattiq jismning o'z aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti quyidagicha bo'ladi:

$$J = \int r^2 dm,$$

bunda integral jismning butun hajmi bo'yicha olinadi, Integrallab, quyidagi formulalarni olish mumkin:

1) yaxlit tsilindrning (diskning) o'z o'qiga nisbatan inertsiya momenti

$$J = \frac{1}{2} mR^2,$$

bunda R - tsilindrning radiusi va m- uning massasi;

2) ichki radiusi R_1 va tashqi radiusi R_2 bo'lgan kovak tsilindrning (gardishning) o'z o'qiga nisbatan inertsiya momenti

$$J = m\frac{R_1^2 + R_2^2}{2},$$

Yupqa devorli kovak tsilindr uchun $R_1 \cong R_2 = R$ bo'lganligi uchun

$$J \cong mR^2;$$

3) R radiusli bir jinsli sharning o'z markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti

$$J = \frac{2}{5} mR^2;$$

4) l - uzunlikdagi bir jinsli sterjenning o'rtasidan tik ravishda o'tgan o'qqa nisbatan inertsiya momenti

$$J = \frac{1}{12} ml^2;$$

Agar biror jismning o'z og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti J_0 ma'lum bo'lsa, u holda jismning shu o'qqa paralel bo'lgan ixtiyoriy o'qqa nisbatan inertsiya momenti J quyidagi SHteyner formulasidan topilishi mumkin:

$$J = J_0 + md^2,$$

bunda $m-$ jismning massasi va d - jism og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa.

Aylanma harakat dinamikasi asosiy qonunining tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Mdt = d(J\omega),$$

bunda M - inertsiya momenti J ga teng bo'lgan jismga quyilgan kuch momenti; $\omega-$ jism aylanma harakatining burchak tezligi. Agar $J = const$ bo'lsa, u vaqtda $M = J\dfrac{d\omega}{dt} = J\varepsilon,$

bunda $\varepsilon-$ aylantiruvchi kuch momenti M ning ta'sirida jismning olgan burchak tezlanishi .

aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2},$$

bunda J jismning inertsiya momenti va $\omega-$ uning burchak tezligi.

Ilgarilanma harakat dinamikasining tenglamalari bilan aylanma harakat dinamikasining tenglamalari 7- jadvalda taqqoslangan.

7- jadval

Ilgarilanma harakat	Aylanma harakat
Nьyutonning ikkinchi qonuni	
$F \cdot \Delta t = m\vartheta_2 - m\vartheta_1$	$M \cdot \Delta t = J\omega_2 - J\omega_1$
yoki $F = m \cdot a$ Harakat miqdorining saqlanishi qonuni $\sum m\vartheta = const$	yoki $M = J\varepsilon$ Harakat miqdori momentining saqlanish qonuni $\sum J\omega = const$
Ish va kinetik energiya	
$A = F \cdot S = \dfrac{m\vartheta_2^2}{2} - \dfrac{m\vartheta_1^2}{2}$	$A = M \cdot \varphi = \dfrac{J\omega_2^2}{2} - \dfrac{J\omega_1^2}{2}$

Fizik mayatnikning kichik tebranishlari davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{md \cdot g}},$$

bunda J - mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, m - mayatnikning massasi, $d-$ aylanish o'qidan og'irlik markazigacha bo'lgan masofa , g - og'irlik kuchining tezlanishi.

3.1. Yer sharining o'z aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti va harakat miqdori momenti topilsin.

3.2. Radiuslari $r_1 = r_2 = 5$ *sm* bo'lgan ikkita shar og'irligi sharlarning og'irligiga nisbatan juda kichik bo'lgan sterjenь uchiga mahkamlangan sharlar markazlari orasidagi masofa $R = 0{,}5$ *m*. Har bir sharning massasi $m = 1$ *kg*. 1) Sterjenning o'ratsidan uzunligiga tik ravishda o'tgan o'qqa nisbatan bu sistemaning J_1 inertsiya momenti; 2) SHarlarning massalari markazlarida mujassamlashgan moddiy nuqtalar deb o'sha o'qqa nisbatan bu sistemaning J_2 inertsiya momenti; 3) J_1 kattalikni J_2 bilan almashtirib, bu sistemaning inertsiya momentini hisoblashda yo'l qo'yilgan $\delta = \frac{J_1 - J_2}{J_2}$ nisbiy xatolik topilsin.

3.3. $R = 0{,}2$ *m* radiusli bir jinsli diskning gardishiga urinma ravishda $F = 98{,}1$ *n* o'zgarmas kuch ta'sir qiladi. Aylanma harakat qilayotgan diskka $M_{ишк} = 0{,}5\,kGm$ ishqalanish kuchning momenti ta'sir qiladi. Agar disk o'zgarmas $\varepsilon = 100$ $рад/сек^2$ burchak tezlanish bilan aylanayotgan bo'lsa, diskning R og'irligi topilsin.

3.4. *1 m* uzunlikdagi va *0,5 kg* og'irlikdagi bir jinsli sterjenь vertikal tekislikda o'z o'rtasidan o'tgan gorizontal o'q atrofida aylanmoqda. Agar aylantiruvchi moment $9{,}81 \cdot 10^{-2}$ $н \cdot м$ ga teng bo'lsa, sterjenь qanday burchak tezlanish bilan aylanadi?

3.5. $R = 0{,}2$ *m* radiusli $P = 5$ *kG* og'irlikdagi disk o'z og'irlik markazidan o'tgan o'q atrofida aylanmoqda. Disk aylanish burchak tezligining vaqtga bog'lanishi $\omega = A + Bt$ tenglama orqali berilgan, bunda *V=8* $рад/сек^2$. Disk gardishiga qo'yilgan urinma kuchning kattaligi topilsin. Ishqalanish nazarga olinmasin.

3.6. Inertsiya momenti $J = 63{,}6$ $кг \cdot м^2$ ga teng bo'lgan maxovik $\omega = 31{,}4$ $рад/сек$ o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanmoqda. Maxovik tormozlovchi moment ta'sirida $t = 20$ sekdan keyin to'xtasa, tormozlovchi M moment topilsin.

3.7. *0,5 m* radiusli va $m = 50$ *kg* massali disksimon g'ildirakning gardishiga *10 kG* urinma kuch ta'sir qiladi. 1) G'ildirakning burchak tezlanishi topilsin. 2) Kuch ta'sir qila boshlagandan qancha vaqt o'tgach g'ildirakning tezligi *100 ayl/sek* ga mos keladi?

3.8. $R = 0{,}2$ *m* radiusli va $m = 10$ *kg* massali maxovik aylantiruvchi qayish bilan motorga ulangan. Sirg'alishsiz harakatlanayotgan qayishning taranglik kuchi o'zgarmas bo'lib, *T=14,7 n* ga teng. Harakat boshlanishidan $\Delta t = 10$ *sek* o'tgandan keyin maxovik sekundiga necha marta aylanadi? Maxovik bir jinsli disk deb hisoblansin. Ishqalish nazarga olinmasin.

3.9. Inertsiya momenti *245* $кг \cdot м^2$ ga teng bo'lgan maxovik g'ildirak *20 ayl/sek* bilan aylanadi. Aylantiruvchi momentning ta'siri to'xtatilgandan bir minut o'tgach g'ildirak to'xtaydi. 1) Ishqalanish kuchining momenti, 2) aylantiruvchi moment ta'siri to'xtatilgandan boshlab to g'ildirak to'xtaguncha uning aylanishlar soni topilsin.

3.10. $P_1 = 2$ *kG* va $P_2 = 1$ *kG* og'irlikdagi ikkita tosh ip bilan tutashtirilgan va blokka osilgan. Blokning radiusi $R = 10$ *sm* va uning og'irligi $P = 1$ *kG*. 1) toshlar harakatining a tezlanishi; 2) toshlar osilgan iplarning T_1 va T_2 taranglik kuchlari topilsin. Blok bir jinsli disk deb hisoblansin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

3.11. $M = 9$ *kg* barabanga ip o'ralgan bo'lib, uning uchiga $m = 2$ *kg* massali yuk osilgan. Yukning tezlanishi topilsin. Baraban bir jinsli tsilindr deb hisoblansin. Ishqalinish hisobga olinmasin.

3.12. $R = 0{,}5$ *m* radiusli barabanga ip o'ralgan uning uchiga $P = 10$ *kG* yuk osilgan. Agar yukning pastga $a = 2{,}04\ м/сек^2$ tezlanish bilan tushayotgani ma'lum bo'lsa, barabanning inertsiya momenti topilsin.

3.13. Inertsiya momenti $J = 0{,}1\ кг \cdot м^2$ ga teng bo'lgan, $R = 20$ sm radiusli barabanga ip o'ralib, uning uchiga $P_1 = 0{,}5$ *kG* yuk osilgan. P_1 yuk baraban aylanguncha poldan $h_1 = 1$ *m* balandlikda bo'lgan 1) qancha vaqtdan keyin yukning polga tushishi, 2) yuk polga urilgan paytidagi kinetik energiyasi, 3) ipning taranglik kuchi topilsin. Ishqalanish hisobga olinmasin.

3.14. Har xil og'irlikdagi ikkita tosh ip bilan tutashtirilgan va inertsiya momenti $J = 50\ кг \cdot м^2$, radiusi $R = 20$ *sm* bo'lgan blokka osilgan. Blok ishqalanish bilan aylanadi va ishqalanish kuchining momenti $M_{ишк} = 98{,}1\ н \cdot м$ ga teng. Agar blokning $\varepsilon = 2{,}36\ рад/сек^2$ o'zgarmas burchak tezlanishi bilan aylanishi ma'lum bo'lsa, iplarning blokning ikki tomonidagi $(T_1 - T_2)$ taranglik kuchlarining farqi topilsin.

3.15. $P = 1$ *kG* og'irlikdagi blok stolning qirrasiga mahkamlangan. (1-rasm va 2.31 masalaga qaralsin). Og'irliklari $P_1 = P_2 = 1$ *kG* ga teng bo'lgan *A* va *V* toshlar ip bilan tutushtirilgan va blokka osilgan. B jismning stolga ishqalanish koeffitsienti $k = 0{,}1$ ga teng. Blokni bir jinsli disk deb hisoblansin. Blokdagi ishqalanish hisobga olinmasin. 1) Yuklar harakatining a tezlanishi, 2) Iplarning T_1 va T_2 taranglik kuchlari topilsin.

3.16. *2 kG* og'irlikdagi disk gorizontal tekislikda *4* $м/сек$ tezlik bilan sirg'anishsiz dumalaydi. Diskning kinetik energiyasi topilsin.

3.17. *6 sm* diametrli shar gorizontal tekislikda sekundiga *4 ayl/sek* bilan sirg'anishsiz dumalaydi. SHarning massasi *0,25 kg*. SHarning kinetik energiyasi topilsin.

3.18. Og'irliklari P bir xil bo'lgan gardish va disk sirg'anishsiz bir xil ϑ chiziqli tezlik bilan dumalaydi. Gardishning kinetik energiyasi $w_1 = 4$ *kG/m* bo'lsa, diskning w_2 kinetik energiyasi topilsin.

3.19. $v_1 = 10$ *sm/sek* tezlik bilan sirg'anishsiz dumalayotgan $m = 1$ *kg* massali shar devorga urilib, undan $v_2 = 8$ *sm/sek* tezlik bilan qaytadi. Urilish vaqtida ajralgan Q issiqlik miqdori topilsin.

3.20. Dumalayotgan sharning aylanishi nazarga olinmasdan kinetik energiyasini hisoblashdagi nisbiy xatolik topilsin.

3.21. Og'irligi *1 kG* va diametri *60 sm* bo'lgan disk o'z markazidan tekisligiga tik ravishda o'tgan o'q atrofida *20 ayl/sek* bilan aylanadi. Diskni to'xtatish uchun qancha ish bajarish kerak?

3.22. *5 ayl/sek* ga mos kelgan o'zgarmas tezlik bilan aylanayotgan valning kinetik energiyasi *60 j* ga teng. SHu valning harakat miqdori momenti topilsin.

3.23. $\vartheta = 9\ км/соат$ tezlik bilan ketayotgan velisopedchining kinetik energiyasi topilsin. Velosiped bilan aylanayotgan valning kinetik energiyasi topilsin. Velosiped bilan velosipedchining birgalikdagi og'irligi $P = 78\ кГ$, ikkala g'ildirakning og'irligi P_1*=3 kG* ga teng. Velosiped g'ildiraklari gardish deb hisoblansin.

3.24. Bola gorizontal yo'lda chambarakni *7,2 km/soat* tezlik bilan g'ildiratadi. CHambarak o'zining kinetik energiyasi hisobiga, har *100 m* yo'lda *10 m* ko'tariladigan qirga qancha masofagacha dumalab chiqadi?

3.25. Velosipedchi o’z inertsiyasi bilan (ishqalanishsiz) *R=3 m* radiusli “o’lim sirtmog’i” shaklidagi yo’l bo’ylab harakatlanayotganda sirtmoqning eng yuqori nuqtasidan tushib ketmasligi uchun, u eng kamida qanday ‘ balandlikdan tushishi kerak? Velosipedchi bilan velosipedning birgalikda massasi *m=75 kg* bo’lib, ikkala g’ildirakning massasi $m_1=3$ *kg* ga teng. Velosipedning g’ildiraklari gardish deb hisoblansin.

3.26. *R=10 sm* radiusli mis shar o’z og’irlik markazidan o’tuvchi o’q atrofida $v = 2\ айл/сек$ ga mos tezlik bilan aylanadi. SHarning burchak tezligini ikki marta ortirish uchun qanday ish bajarish kerak?

3.27. Qiya tekislikdan sirg’anmasdan dumalab tushayotgan 1) shar, 2) disk va 3) gardish og’irlik markazlarining chiziqli tezlanishlari topilsin. Qiya tekislikning qiyaligi 30^0, hamma jismlarning boshlang’ich tezligi nolga teng. 4) Topilgan tezlanishlarni shu qiya tekislikdan ishqalanishsiz sirg’anib tushayotgan jismning tezlanishi bilan solishtirilsin.

3.28. Qiya tekislikdan sirg’anishsiz dumalab tushgan 1) shar, 2) disk va 3) gardish og’irlik markazlarining chiziqli tezliklari topilsin. Qiya tekislikning balandligi *‘=0,5 m*, jismlarning boshlang’ich tezliklari nolga teng. 4) Topilgan tezliklarni shu qiya tekislikda ishqalanishsiz sirg’anib tushayotgan jismning tezligi bilan solishtirilsin.

3.29. Bir xil *R=6 sm* radiusli va bir xil *P=0,5 kG* og’irlikdagi alyuminiydan (yaxlit) va qo’rg’oshindan (kovak) yasalgan ikkita tsilindr bor. TSilindrlarning sirti bir xil bo’yalgan. 1) TSilindrlarning qiya tekislik etagidagi ilgarilanma tezliklariga qarab ularni bir-biridan qanday farq qilish mumkin? 2) Bu tsilindrlarning inertsiya momentlari topilsin. 3) Har bir tsilindr qiya tekislikdan qancha vaqtda sirg’anishsiz dumalab tushadi? Qiya tekislikning balandligi *‘=0,5 m*, tekislikning qiyalik burchagi $\alpha = 30^0$. Har qaysi tsilindrning boshlang’ich tezligi nolga teng.

3.30. G’ildirak tormozlanishi natijasida tekis sekinlanuvchan aylanma harakat qilib, *1 minut* davomida o’z tezligini *300 ayl/sek* dan *180 ayl/min* gacha kamaytiradi. G’ildirakning inertsiya momenti $2\ kg{\cdot}m^2$. 1)
G’ildirakning burchak tezlanishi , 2) tormozlovchi moment, 3) tormozlanish ishi, 4) g’ildirakning shu minut davomidagi aylanishlari soni topilsin.

3.31**.** Ventilyator *900 ayl/min* ga mos tezlik bilan aylanadi. Ventilyator o’chirilgandan keyin, tekis sekinlanuvchan harakatlanib to’xtaguncha *75* marta aylanadi. Tormozlanish ishi *44,4 j* ga teng. 1) Ventelyatorning inertsiya momenti, 2) Tormozlash kuchining momenti topilsin.

3.32. Inertsiya momenti $J = 245\ кг \cdot м^2$ bo’lgan maxovik g’ildirak *20 ayl/sek* bilan aylanadi. G’ildirak aylantiruvchi kuch momentining ta’siri to’xtagandan keyin *1000* marta aylanib to’xtadi. 1) Ishqalanish kuchining momenti, 2) Aylantiruvchi kuch momentining ta’siri to’xtatilgan paytdan g’ildirakning to’liq to’xtash paytigacha o’tgan vaqt topilsin.

3.33. Maxovik bilan birga umumiy o’qqa o’rnatilgan shkivning gardishiga ip o’ralgan, ipning uchiga *1 kG* yuk osilgan. SHkiv bilan maxovik *60 ayl/min* mos tezlikka erishish uchun yuk qancha pastga tushishi kerak? SHkiv bilan maxovikning inertsiya momenti *0,42* $кг \cdot м^2$, shkivning radiusi esa *10 sm* ga teng.

3.34. $\varepsilon = 0{,}5$ $рад/сек^2$ o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanayotgan maxovik g'ildirak harakat boshlanishidan $t_1 = 15$ $сек$ o'tgandan keyin $L = 73{,}5$ $кг \cdot м^2 / сек$ teng harakat miqdori momentiga ega bo'ladi. Harakat boshlanishidan $t_2 = 20$ *sek* o'tgandan keyin g'ildirakning kinetik energiyasi topilsin.

3.35. Maxovik $v = 10$ *ayl/sek* ga mos o'zgarmas tezlik bilan aylanadi; uning kinetik energiyasi $w_k = 800$ *kG m*. Maxovikni aylantiruvchi *M=50* $н \cdot м$ kuch momenti uning burchak tezligini qancha vaqtdan keyin *2* marta oshiradi?

3.36. $m = 5$ *kg* massali diskning gardishiga urinma $F = 2$ *kG* o'zgarmas kuch qo'yilgan. Kuchning ta'siri boshlangandan keyin $t = 5$ *sek* o'tgach disk qanday kinetik energiyaga ega bo'ladi?

3.37. Yuqori uchidan o'tuvchi o'qqa gorizontal osilgan bir jinsli sterjenning pastki uchi muvozanat vaziyatidan *5 m/sek* tezlik bilan o'tadigan bo'lishi uchun, sterjenni qanday burchakka og'dirish kerak? Sterjenning uzunligi *1 m*.

3.38. Uzunligi *85 sm* bo'lgan bir jinsli sterjenni yuqori uchidan o'tuvchi o'qqa gorizontal osilgan. Sterjenni o'q atrofida to'liq aylanishi uchun uning pastki uchiga eng kamida qanday tezlik berish kerak?

3.39. Vertikal o'rnatilgan qalam stolga qulaydi. Qalam qulab stolga tekkan paytidagi uning 1) o'rtasi, 2) yuqori uchi qanday burchak va chiziqli tezlikka ega bo'ladi? Qalamning uzunligi *15 sm*.

3.40. *100 kg* massali gorizontal platforma o'z og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida *10 ayl/min* bilan aylanadi. Bunda *60 kG* og'irlikdagi odam platformaning chekkasida turadi. Agar odam platformaning chetidan markaziga o'tib olsa, platforma qanday tezlik bilan aylanadi? Platformani bir jinsli doiraviy disk deb, odamni esa moddiy nuqta deb hisoblansin.

3.41. Oldingi masala shartidan odam platformaning chekkasidan uning markaziga o'tganda qanday ish bajaradi? Platformaning radiusi *1,5 m* ga teng.

3.42. Og'irligi *80 kg* va radiusi *1 m* bo'lgan gorizontal platforma *20 ayl/min* ga mos burchak tezlik bilan aylanadi. Platformaning markazida qo'llarini yoyib, toshlarni ushlagan holda odam turibdi. Agar odam qo'lini tushirib, o'zining inertsiya momentining *2,94* $кг \cdot м^2$ dan *0,98* $кг \cdot м^2$ gacha kamaytirsa, platformaning bir minutdagi aylanishlar soni qancha bo'ladi? Platforma bir jinsli doiraviy disk deb hisoblansin.

3.43. Oldingi masala shartida platformaning odam bilan birgalikda kinetik energiyasi necha marta oshadi?

3.44. *100 kg* massali harakatsiz platformaning ustida og'irligi *60 kG* odam turibdi. Agar odam aylanish o'qning atrofida *5 m* radiusli aylana bo'ylab platformaga nisbatan *4 km/soat* tezlik bilan harakatlansa, platforma minutiga necha martadan aylana boshlaydi? Platformaning radiusi *10 m*. Platforma bir jinsli doiraviy disk deb, odamni moddiy nuqta deb hisoblansin.

3.45. Bir jinsli sterjenni o'zining yuqori uchidan o'tuvchi gorizontal o'q atrofida, vertikal tekislikda kichik tebranma harakat qiladi. Sterjenning uzunligi $l = 0{,}5$ *m* ga teng bo'lsa, uning tebranish davri topilsin.

3.46. Agar oldingi masalada sterjenning aylanish o'qi o'zining yuqori uchidan *10 sm* oraliqdagi nuqtadan o'tgan bo'lsa, sterjenning aylanish davri topilsin.

3.47. Vertikal sterjenning uchlariga ikkita yuk mahkamlangan. Bu yuklarning og'irlik markazi sterjenning o'ratsidan $d = 5$ *sm* pastda. Agar yuk mahkamlangan sterjen o'rtasidan o'tgan gorizontal o'q atrofida $T = 2$ *sek* davr bilan kichik tebranma harakatlanayotgan bo'lsa, sterjenning uzunligi topilsin. Sterjenning og'irligi yukning og'irligiga nisbatan nazarga olinmasin.

3.48. *56,5 sm* diametrli chambarak devordagi mixga osilgan va devorga parallel tekislikda kichik tebranma harakat qiladi. Sterjenning tebranish davri topilsin.

3.49. Ipga osilgan $D = 4$ *sm* diametrli sharchaning tebranishini topishda uni matematik mayatnik deb hisoblash uchun ipning L uzunligi eng kamida qancha bo'lishi kerak? Bu farazda xatolik *1 %* dan oshmasligi shart.

3.50. Bir jinsli shar uzunligi sharning radiusiga teng bo'lgan ipga osilgan. Bu mayatnikning kichik tebranish davri uzunligi huddi shunday aylanish o'qidan to og'irlik markazigacha masofaga teng bo'lgan matematik mayatnikning davridan necha marta katta bo'ladi?

4-§. Gazlar va suyuqliklar mexanikasi

Ideal siqilmaydigan suyuqliklarning harakatini aniqlash uchun Bernulli tenglamasi o'rinlidir:

$$p + \frac{\rho \vartheta^2}{2} + \rho g h = const.$$

Bu yerda $\rho -$ suyuqlikning zichligi, $\vartheta -$ trubaning berilgan kesimidagi suyuqlik harakatining tezligi, h-truba kesimining biror satxdan balandligi va $p -$ bosim. Kichik teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlikning tezligi Bernulli tenglamasiga asosan $\vartheta = \sqrt{2gh}$ ga tengdir, bunda $h -$ teshikdan suyuqlik sathigacha bo'lgan balandlik. Trubaning ixtiyoriy ko'ndalang kesimidan teng hajmda suyuqlik o'tganligidan $S_1\vartheta_1 = S_2\vartheta_2$ bo'ladi, bunda ϑ_1 va ϑ_2-ko'ndalang kesimining yuzi S_1 va S_2 bo'lgan trubaning ikkita kesimidagi suyuqlikning tezligi.

Yopishqoq suyuqlikda (yoki gazda) tushayotgan kichik radiusli sharchaga ta'sir qiluvchi qarshilik kuchi Stoks formulasidan aniqlanadi:

$$F = 6\pi\eta r\vartheta .$$

bunda $\eta -$ suyuqlik yoki gazning ichki ishqalanish koeffitsienti (dinamik yopshqoqlik), r-sharchaning radiusi, ϑ- uning harakat tezligi. Stoks qonuni faqat laminar harakat uchun o'rinlidir. Radiusi r va uzunligi l bo'lgan kapilyar trubadan t vaqt ichichda laminar oqib o'tgan suyuqlikning (gazning) hajmi Puazeylь formulasidan aniqlanadi:

$$V = \frac{\pi r^4 \cdot t \cdot \Delta p}{8 l \eta},$$

bunda $\eta -$ suyuqlikning (gazning) dinamik yopishqoqligi, Δp-truba uchlaridagi bosimlarning farqi.

Suyuqlik (gaz) harakatining xarakteri Reynolьdsning o'lchamsiz sonidan aniqlanadi:

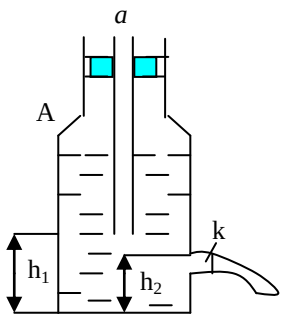
$$R_e = \frac{D\vartheta p}{\eta} = \frac{D\vartheta}{v}$$

bunda D- atrofidan suyuqlik (gaz) oqib o'tayotgan jismning chiziqli o'lchamini xarakterlab beruvchi kattalikdir, ϑ – oqimning tezligi, ρ – zichlik, η – dinamik yopishqoqlik. $v = \frac{\eta}{\rho}$ nisbatga kinematik yopishqoqlik deyiladi. Laminar harakatning trubulent harakatga o'tishdan aniqlanadigan Reynolьds sonining kritik qiymati turli shakldagi jismlar uchun har xildir.

4.1. Trubaning ko'ndalang kesimidan yarim soatda *0,51 kg* karbonat angidrid gazi oqib o'tganligi ma'lum bo'lsa, trubadagi gazning oqim tezligi topilsin. Gaznig zichligini *7,5 kg/m*^{3} ga teng deb olinsin. Trubaning diametri *2 sm* ga teng.

4.2. TSilindrsimon idishning asosida $d = 1$ *sm* diametrli doiraviy teshik bor. Idishning diametri $D = 0{,}5m$. Idishdagi suv sathining pasayish tezligi ϑ ning suv sathining balandligi h ga bog'lanishi topilsin. $h = 0{,}2\,m$
balandlik uchun bu tezlikning son qiymati topilsin.

4.3. Stol ustidagi suvli idishning yon sirtida idishning asosidan h_1 masofada va suvning sathidan h_2 masofada joylashgan teshigi bor. Idishdagi suvning sathi har doim o'zgarmas saqlanadi. Suv jarayoni stolga (gorizontal bo'ylab) qanday masofada tushadi? Masala 1) $h_1 = 25sm$ va $h_2 = 16sm$, 2) $h_1 = 16sm$ va $h_2 = 25sm$ hollar uchun yechilsin.



5-расм

4.4. Suv to'ldirilgan A idish (Mariott idishi) og'ziga mahkamlangan *a* shisha naycha orqali atmosfera bilan tutashtirilgan (5-rasm). Trubadan $h_2 =$ *2 sm* balandlikda idishning K jo'mragi bor. Truba *a* ning pastki uchi idish tubidan: *1)* $h_1 =$ *2sm, 2)* $h_1 =$ *7,5 sm va 3)* $h_1 =$ *10 sm* ga teng oraliqda bo'lgan hollarda K jo'mrakdan oqib chiqayotgan suvning tezligi topilsin.

4.5. Balandligi $h = 1m$ bo'lgan tsilindrsimon bakka suv to'ldirilgan. 1) Bakning tubidagi teshikdan qancha vaqtda suv to'liq oqib chiqadi? Teshikning ko'ndalang kesim yuzi bakning ko'ndalang kesim yuzidan *400* marta kichik. 2) bu topilgan vaqtni, bakdagi suvning sathi teshikdan $h = 1m$ balandlikda o'zgarmas holda saqlanganda (suv to'ldirib turilganda) teshikdan o'shancha suv oqib tushguncha ketgan vaqt bilan solishtiring.

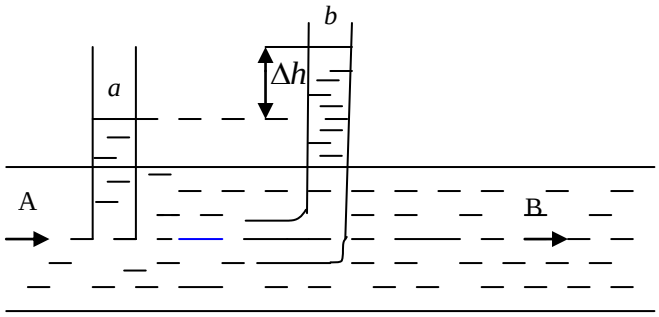
4.6. Idishga har bir sekundda *0,2 l* suv quyila boriladi. Bunda idishdagi suvning sathi $h = 8{,}3\,sm$ balandlikda o'zgarmasdan qolishi uchun idish tubidagi teshikning d diametri qanday bo'lishi kerak?

4.7. Agar bo'yoq pulьtidan *25 m/sek* tezlik bilan suyuq bo'yoq oqib chiqayotgan bo'lsa, kompressor bo'yoq pulьtida qanday bosim hosil qiladi? Bo'yoqning zichligi *0,8 g/sm*^{3} ga teng.

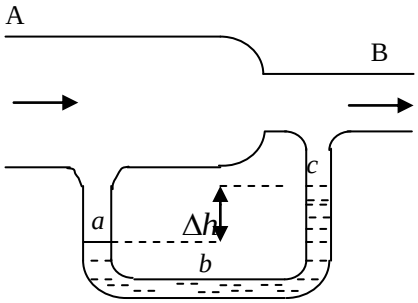
4.8. *AB* gorizontal trubadan (6-rasm) suyuqlik oqmoqda. Diametrlari bir xil bo'lgan a va b trubalardagi bu suyuqlik sathining farqi $\Delta h = 10sm$ ga teng. *AB* trubadagi suyuqlik oqimining tezligi topilsin.

4.9. *AB* trubadan har minutda *15 l* havo oqib o'tmoqda (7-rasm). *AB* truba keng joyining ko'ndalang kesim yuzi *2 sm*^{2} ga teng, tor joyning va abc trubaning ko'ndalang

kesim yuzi esa *0,5 sm*^{2} ga teng. *abc* trubaga quyilgan suv sathining Δh farqi topilsin. Havoning zichligi *1,32 kg/m*^{3} ga teng deb olinsin.



6-расм



7-расм

4.10. SHarcha zichligi materialining zichligidan *4* marta katta zichlikli suyuqlikning ichidan o'zgarmas tezlik bilan chiqib kelmoqda. CHiqib kelayotgan sharchaga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi, bu sharchaning og'irligidan necha marta katta?

4.11. Dinamik yopishqoqligi *1,2·10*$^{-4}$ *g/sm·sek* ga teng havodagi $d = 0{,}3$ *mm* diametrli yomg'ir tomchisi eng ko'pi bilan qanday tezlikka erishadi?

4.12. *1mm* diametrli po'lat sharcha katta idishdagi kanakunjut moyiga *0,185 sm/sek* o'zgarmas tezlik bilan tusha boradi. Kanakunjut moyining dinamik yopishqoqligi topilsin.

4.13. *3 mm* va *1 mm* diametrli qo'rg'oshin pitralarining aralashmasi bakdagi *1 m* chuqurlikdagi glitseringa tashlangan. Kichik diametrli pitralar katta diametrli pitralarga nisbatan bakning tubiga qancha keyin tushadi? Tajriba temperaturasidagi glitserinning dinamik yopishqoqligi *14,7 g/sm·s*.

4.14. Po'kakdan yasalgan *5 mm* radiusli sharcha kanakunjut moy to'ldirilgan idishning tubidan *3,5 sm /sek* o'zgarmas tezlik bilan chiqib kelayotgan bo'lsa, tajriba shartiga asosan kanakunjut moyining dinamik va kinematik yopishqoqligi topilsin.

4.15. *R=2 sm* radiusli tsilindrik idishning yon sirtiga ichki radiusi $r = 1$ *mm* va uzunligi $l = 2\,sm$ bo'lgan gorizontal kapillyar naycha o'rnatilgan. Idishga dinamik yopishqoqligi $\eta = 12$ *g/sm·sek* ga teng kankunjut moyi quyilgan. TSilindrik idishdagi kanakunjut moyi sathining ϑ pasayish tezligini kapilyardan moy sathigacha bo'lgan h balandlikka bog'lanishi topilsin. $h = 26$ *sm* bo'lganda, bu tezlikning son qiymati topilsin.

4.16. Idishning yon sirtiga ichki radiusi $r = 1$ *mm* va uzunligi $l = 1{,}5\,sm$ bo'lgan kapilyar naycha o'rnatilgan. Idishga tajriba sharoitida dinamik yopishqoqligi $\eta =$ *1,0 n·sek/m*^{2} ga teng gletsirin quyilgan. Idishdagi glitserinning sathi kapilyardan $h = 0{,}18\,m$ balandlikda o'zgarmas holda saqlanadi. Kapilyardan *5 sm*^{3} glitserin oqib chiqishi uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

4.17. Yon sirtiga tubidan $h_1 = 5$ *sm* balandlikda gorizontal kapilyar naycha o'rnatilgan idish stolning ustida turibdi. Kapillyarning ichki radiusi $r = 1$mm, uzunligi $l = 1$*sm*. Idishga zichligi $\rho = 900$ *kg/m*^{3} va dinamik yopishqoqligi $\eta = 0{,}5 \cdot n \cdot sek/m^2$ bo'lgan mashina moyi quyilgan. Idishdagi moyning sathi kapillyardan $h_2 = 50$ *sm* balandlikda

o'zgarmas holda saqlanadi. Kapillyarning uchidan moy jarayoni stolga (gorizontal bo'ylab) qanday oraliqda borib tushishi topilsin.

4.18. Po'lat sharcha keng idishdagi zichligi $\rho = 900$ *kg/m*^{3} va dinamik yopishqoqligi $\eta = 0{,}8$ *n·sek/m*^{2} bo'lgan transformator moyida tushib boradi. $R_e \le 0{,}5$ bo'lganda (bunda R_e ni hisoblashda D kattalikning o'rnida sharning diametrini olish kerak) Stoks qonunini o'rinli hisoblab, shar diametrining chegaraviy qiymati topilsin.

4.19. $R_e \le 3000$ bo'lganda (bunda R_e ni hisoblashda D kattalikning o'rnida trubaning D diametrini olish kerak) tsilindrik trubadaga suyuqlik (yoki gaz) harakatning laminarligi saqlanadi deb hisoblab, 4.1-masalaning sharti laminar harakatga mos ekanligi ko'rsatilsin. Gazning kinematik yopishqoqligini $\nu = 1{,}33 \cdot 10^{-6}$ m^2/sek ga teng deb olinsin.

4.20. Quvurning ko'ndalang kesimidan har *1 sek* da *200 sm*^{3} suv oqib o'tadi. Tajriba sharoitida suvning dinamik yopishqoqligi *0,001 n·sek/m*^{2} ga teng. Quvur diametrining qanday chegaraviy qiymatida suvning harakati laminarligicha qoladi? (oldingi masalaning shartiga qaralsin.)

12-§. Garmonik tebranma harakatlar va to'lqinlar

Garmonik tebranma harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = A\sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) = A\sin(2\pi\nu t + \varphi) = A\sin(\omega t + \varphi),$$

bunda x - nuqtaning muvozanatlik vaziyatidan siljishi (u turli vaqt paytlari uchun turlicha bo'ladi), A - amplituda, T - davr, $\varphi -$ boshlang'ich faza, $\nu = \frac{1}{T} -$ tebranishlar chastotasi, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ burchak chastota.

Tebranyotgan nuqtaning tezligi

$$\vartheta = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi A}{T}\cos(2\pi\frac{t}{T} + \varphi)$$

va tezlanishi

$$a = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{4\pi^2 A}{T^2}\sin(2\pi\frac{t}{T} + \varphi)$$

ga teng.

m massali nuqtani garmonik tebrantirayotgan kuch

$F = ma = -\frac{4\pi^2 A}{T^2} m\sin(2\pi\frac{t}{T} + \varphi) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx,$ bunda $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$, bundan $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

Bu yerda T esa $F = -kx$ kuch ta'sirida tebranayotgan nuqtaning tebranish davri; bunda $k -$ deformatsiya koeffitsienti bo'lib, son jihatdan 1 ga teng siljishni vujudga keltiruvchi kuchga teng.

Tebranayotgan nuqtaning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}\cos^2\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$$

va potentsial energiyasi

$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}\sin^2\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right).$$

To'la energiyasi

$$W\,\frac{2\pi^2 A^2 m}{T^2}$$

Mayatnikning kichik tebranishlari garmonik tebranma harakatlarga misol bo'lishi mumkin. Matematik mayatnikning tebranishlar davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

ga teng, bunda l mayatnikning uzunligi va g - og'irlik kuchining tezlinishi.

Bir xil davrga ega, bir tomonga yo'nalgan ikki garmonik tebranishlar qo'shilganda, davri o'zgarmagan

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

amplitudali va boshlang'ich fazasi $tg\varphi = \dfrac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$ tenglamadan aniqlanadigan garmonik tebranish xosil bo'ladi. A_1 va A_2 –qo'shiluvchi tebranishlar amplitudalari, φ_1 va φ_2 - ularning boshlang'ich fazalari.

Birday davrli o'zaro perpendikulyar ikki tebranishlar qo'shilganda natijaviy harakat traektoriyasining tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1A_2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

m massali moddiy nuqtaga elastik kuch $F = -kx$ dan tashqari ishqalanish kuchi $F_{ишк} = -r\vartheta$ ham (bunda r-ishqalanish koeffitsienti va ϑ-tebranayotgan nuqta tezligi) ta'sir etayotgan bo'lsa, nuqtaning tebranishi so'na boradi.

So'nuvchi tebranma harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$x = Ae^{-\delta t}\sin(\omega t + \varphi),$$

bunda δ- so'nish koeffitsienti. Bunda $\delta = \dfrac{r}{2m}$ va $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$, formuladagi ω_0- xususiy tebranishning burchak chastotasi. $\chi = \delta T$ kattalik so'nishning logarifmik dekrementi deb ataladi.

Tebranishi $x_1 = Ae^{-\delta t}\sin\omega_0 t$ ko'rinishida berilgan m massali moddiy nuqtaga tashqi davriy $F = F_0\sin\omega t$ kuch ta'sir etayotgan bo'lsa, u holda nuqtaning tebranishi majburiy bo'ladi va uning harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$x_2 = A\sin(\omega t + \varphi),$$

bunda

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{\left(\omega_0^2 - \omega\right)^2 + 4\delta^2\omega^2}}$$

va

$$tg\varphi = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}.$$

Majburiy tebranishlar chastotasi ω xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 va so'nish koeffitsienti δ bilan quyidagi munosabatda bog'langanda rezonans vujudga keladi:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}.$$

So'nmaydigin tebranishlar nur deb ataluvchi muayyan yo'nalish bo'ylab c tezlikda tarqalayotganida shu nur yotuvchi va tebranishlar manbaidan l masofada turgan har qanday nuqtaning siljishi quyidagi tenglama bilan beriladi:

$$x = A\sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi l}{\lambda}\right),$$

bunda A- tebranayotgan nuqtalarning amplitudasi, λ- to'lqin uzunligi. CHunonchi $\lambda = cT$. Nurda tebranishlar manbaidan l_1 va l_2 masofada yotuvchi ikki nuqtaning fazalar ayirmasi quyidagicha

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi\frac{l_2 - l_1}{\lambda}.$$

To'lqinlar interferentsiyasida quyidagi shartda maksimum amplituda hosil bo'ladi.

$$l_2 - l_1 = 2\pi\frac{\lambda}{2}(n = 0,1,2,...),$$

bunda $l_2 - l_1$- nurlar yurish yo'lining farqi.

$$l_2 - l_1 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}(n = 0,1,2,...)$$

SHartda amplituda minimum bo'ladi.

12.1. Agar *1 min* da *150* tebranish bo'lib, tebranishlarning boshlang'ich fazasi 45^0 ga teng va amplitudasi *5 sm* bo'lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing. SHu harakat grafigini chizing.

12.2. Amplitudasi *0,1 m* davri *4 sek* va boshlang'ich fazasi nolga teng bo'lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing.

12.3. Garmonik tebranishlar amplitudasi *50 mm*, davri *4 sek* va boshlang'ich fazasi $\frac{\pi}{4}$. 1) Mazkur tebranishning tenglamasini yozing. 2) $t = 0$ va $t = 1{,}5$ *sek* bo'lganda tebranayotgan nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishini toping. 3) bu harakat grafigini chizing.

12.4. Tebranishlarning boshlang'ich fazasi: 1) 0, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π, 4) $\frac{3\pi}{2}$, 5) 2π bo'lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing. Tebranishlar amplitudasi *5 sm* va tebranishlar davri *8 sek*. Bu hollarning hammasi uchun tebranishlar grafigini chizing.

12.5. Birday amplituda ($A_1 = A_2 = 2$ sm) va birday davrga ($T_1 = T_2 = 8$ *sek)* ega bo'lgan, lekin fazalarning farqi: 1) $\frac{\pi}{4}$, 2) $\frac{\pi}{2}$, 3) π, 4) 2π bo'lgan ikki garmonik tebranishni bitta grafikda chizing.

12.6. Garmonik tebranayotgan nuqta harakat boshlanishidan qancha vaqt o'tgach muvozanat vaziyatdan yarim amplitudaga teng siljiydi? Tebranish davri *24 sek*, boshlang'ich faza nolga teng.

12.7. Garmonik tebranishning boshlag'ich fazasi nolga teng. Davrning qanday qismini o'tgach nuqtaning tezligi maksimal tezligining yarmiga teng bo'ladi?

12.8. $x = 7\sin 0{,}5\pi t$ tenglama bo'yicha tebranma harakat qilayotgan nuqta harakat boshlanganidan qancha vaqt o'tgach muvozanat vaziyatidan maksimal siljishga qadar yo'lni o'tadi.

12.9. Garmonik tebranish amplitudasi *5 sm*, davri *4 sek* ga teng. Tebranayotgan nuqtaning maksimal tezligini va uning maksimal tezlanishini toping.

12.10. Nuqtaning harakat tenglamasi $x = 2\sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right)$ *sm* ko'rinishida berilgan. 1) tebranishlar davrini, 2) nuqtaning maksimal tezligini, 3) uning maksimal tezlanishini toping.

12.11. Nuqtaning harakat tenglamasi $x = \sin\frac{\pi}{6}t$ ko'rinishida berilgan. Maksimal tezlik va maksimal tezlanishlarga erishiladigan vaqt paytlarini toping.

12.12. Nuqta garmonik tebranadi. Tebranishlar davri *2 sek* amplitudasi *50 mm*, boshlang'ich fazasi nolga teng. Nuqtaning muvozanat vaziyatidan *25 mm* ga siljigan paytdagi tezligini toping.

12.13. Nuqtaning maksimal tezlanishi *49,3* $см/сек^2$, tebranishlar davri *2 sek* va nuqtaning muvozanat vaziyatidan *25 mm* ga siljigan boshlang'ich vaqt paytidagi garmonik tebranishning harakat tenglamasini yozing.

12.14. Garmonik tebranishning boshlang'ich fazasi nolga teng. Nuqta muvozanat vaziyatidan *2,4 sm* siljiganida nuqtaning tezligi *3 sm/sek* bo'ladi, *2,8 sm* siljiganida esa tezligi *2 sm/sek* bo'ladi. SHu tebranishning amplitudasi va davrini toping.

12.15. $m = 1{,}6\cdot 10^{-2}$ *kg* massali moddiy nuqtaning tebranish tenglamasi $x = 0{,}1\sin\left(\frac{\pi}{8}t + \frac{\pi}{4}\right)$ *m* ko'rinishga ega. Nuqtaga ta'sir etuvchi F kuchning (bitta davr chegarasida) t vaqtga bog'liqlik grafigini chizing. Maksimal kuch qiymatini toping.

12.16. Massasi *10 g* bo'lgan moddiy nuqta $x = 5\sin\left(\frac{\pi t}{5} + \frac{\pi}{4}\right)$ *см* tenglama bo'yicha tebranadi. Nuqtaga ta'sir etuvchi maksimal kuchni va tebranayotgan nuqtaning to'la energiyasini toping.

12.17. Massasi *16 g* bo'lgan moddiy nuqtaning tebranish tenglamasi $x = 2\sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{4}\right)$ *см* ko'rinishga ega. Nuqtaning kinetik, potentsial va to'la energiyasining bitta davr chegarasida vaqtga bog'liqlik grafigini chizing.

12.18. Vaqtning 1) $t = \frac{T}{12}$ *сек*, 2) $t = \frac{T}{8}$ *сек*, 3) $t = \frac{T}{6}$ *сек* paytlari uchun garmonik tebranayotgan nuqta kinetik energiyasining uning potentsial energiyasiga bo'lgan nisbati nimaga teng? Tebranishning boshlang'ich fazasi nolga teng.

12.19. Nuqtaning muvozanat vaziyatdan siljishi: 1) $x = \frac{A}{4}$, 2) $x = \frac{A}{2}$, 3) $x = A$ ni tashkil qiladigan (A - tebranish amplitudasi) paytlar uchun garmonik tebranayotgan nuqta kinetik energiyasining uning potentsial energiyasiga bo'lgan nisbati nimaga teng?

12.20. Garmonik tebranma harakatda bo'lgan jismning to'la energiyasi $3\cdot 10^{-5}$ j, jismga ta'sir etuvchi maksimal kuch $1{,}5\cdot 10^{-3}$ *n* ga teng. Tebranish davri *2 sek* va boshlang'ich faza 60^0 bo'lsa, bu jismning harakat tenglamasini yozing.

12.21. Moddiy nuqtaning garmonik tebranishlar amplitudasi $A = 2$ *sm*, tebranishlarning to'la energiyasi $W = 3 \cdot 10^{-7}$ *j*. Muvozanat vaziyatidan qancha siljiganda tebranayotgan nuqtaga $F = 2{,}25 \cdot 10^{-5}$ *n* kuch ta'sir etadi?

12.22. Uzunligi *2 m* bo'lgan ipga osilgan sharchani 4^0 burchakka og'dirilib, tebranishi kuzatiladi. Tebranishni so'nmaydigan garmonik tebranish deb faraz qilib, sharcha muvozanat vaziyatidan o'tayotgandagi tezligini toping. Mexanika tenglamalaridan sharchaning muvozanatlik vaziyatidan o'tish tezligini topib, olingan yechimni tekshirib ko'ring.

12.23. Prujinaga *10 kG* yuk osilgan. Prujina *1 kG* kuch ta'sirida *1,5 sm* cho'zilishi ma'lum bo'lsa, yukning vertikal tebranish davrini aniqlang.

12.24. Prujinaga yuk osilgan. Yuk tebranishining maksimal kinetik energiyasi *1 j* ekanligi ma'lum bo'lsa, prujinaning deformatsiya koeffitsientini toping. Tebranish amplitudasi *5 sm*.

12.25. Ikkita birday prujinalarga osilgan yukning prujinalarni ketma-ket ulashdan parallel ulashga o'tkazilgandagi vertikal tebranish davri qanday o'zgargan?

12.26. Prujinaga osilgan mis sharcha vertikal tebranayapti. Prujinaga mis sharcha o'rniga shunday radiusdagi alyuminiy sharcha osilsa, tebranish davri qanday o'zgaradi?

12.27. Prujinaga toshlar qo'yilgan tarozi pallasi osilgan. Bunda vertikal tebranishlar davri *0,5 sek* ga teng. Pallaga qo'yshimcha toshlar qo'yilganidan keyin vertikal tebranish davri *0,6 sek* bo'ldi. SHu qo'shimcha yuk tufayli prujina qanchaga cho'zilgan?

12.28. Uzunligi *40 sm* radiusi *1 mm* bo'lgan rezinka shnurga og'irligi *0,5 kG* tosh osilgan. SHu rezinkaning Yung moduli *0,3* $кГ/мм^2$ ekanligi ma'lum bo'lsa, toshning vertikal tebranish davrini toping.

Ko'rsatma. Rezinkaning deformatsiya koeffitsienti *k* rezinkaning Yung moduli Ye bilan $k = \frac{SE}{l}$ nisbatda bog'langanligini e'tiborga oling: bundagi *S* – rezinka ko'ndalang kesimining yuzi va *l* – uning uzunligi.

12.29. Og'irligi *P=0,2 kG* bo'lgan areometr suyuqlikda qalqimoqda. Areometrni suyuqlikka bir oz botirib, so'ngra qo'yib yuborilsa, u *T=3,4 sek* davr bilan tebrana boshlaydi. Tebranishni so'nmaydigan deb hisoblab, shu tajriba ma'lumotlariga asoslanib areometr qalqib yurgan suyuqlikning zichligi ρ ni toping. Areometrning vertikal tsilindrik naychasining diametri $d = 1$ *sm*.

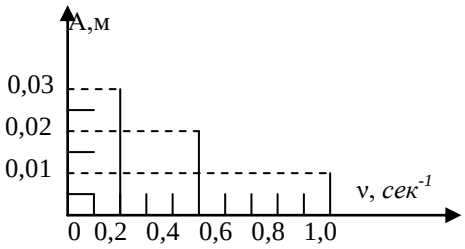
12.30. *8 sek* birday davr va *0,02 m* birday amplitudali bir tomonga yo'nalgan ikki garmonik tebranma harakatlarni qo'shish natijasida olinadigan harakat tenglamasini yozing. Bu tebranishlar fazalarining farqi $\frac{\pi}{4}$ ga teng, birining boshlang'ich fazasi *0* ga teng.

12.31. $x_1 = 0{,}02\sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ *m* va $x_2 = 0{,}03\sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ *m* tenglamalar bilan berilgan, bir tomonga yo'nalgan tebranishlarni qo'shishdan hosil bo'lgan garmonik tebranish amplitudasi va boshlang'ich fazasini toping.

12.32. Bir tomonga yo'nalgan birday amplituda va davrli ikki garmonik tebranishlarni qo'shish natijasida huddi shunday davr va amplitudali natijaviy tebranish hosil bo'ladi. Qo'shiluvchilar tebranishlar fazalarining farqini toping.

12.33. 1) $x_1 = 4\sin\pi t$ *sm* va $x_2 = 3\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ *sm* tenglamalar bilan berilgan, bir tomonga yo'nalgan tebranishlarni qo'shishdan hosil bo'lgan garmonik tebranish amplitudasi va boshlang'ich fazasini toping. 2) Natijaviy tebranish tenglamasini yozing. 3) Amplitudalarning qo'shishning vektor diagrammasini chizing.

12.34. 61- rasmda murakkab tebranish spektri berilgan 1) Bu rasm ma'lumotlaridan foydalanib, murakkab tebranishni tashkil etuvchi tebranishlar tenglamasini yozing. 2) SHu tebranishlar grafigini chizing. ($t = 0$ paytda bu tebranishlar fazalarining farqi *0* ga teng deb qabul qilinadi.) 3) Natijaviy murakkab tebranish grafigini chizing.



61-расм

12.35. $x_1 = 3\sin 4\pi t$ *sm* va $x_2 = 6\sin 10\pi t$ *sm* ikki garmonik tebranish berilgan. Bu tebranishlar grafigini chizing. Bu tebranishlarni grafik ravishda qo'shib, natijaviy tebranish grafigini chizing. Olingan murakkab tebranish spektrini chizing.

12.36. Tebranish

$$x = A\sin 2\pi\nu_1 t \qquad (1)$$

tenglama ko'rinishda berilgan, *A* – vaqtga qarab, $A = A_0(1 + \cos 2\pi\nu_2 t)$ qonun bo'yicha o'zgaradi. Bunda $A_0 = \cos nt$. 1) tebranish qanday garmonik tebranishlardan tashkil topishini aniqlang. $A_0 = 4$ *sm*, $\nu_1 = 2$ *сек*$^{-1}$, $\nu_2 = 1$ *сек*$^{-1}$ bo'lgan hol uchun tashkil etuvchilar grafigi va natijaviy tebranish grafigini chizing. Murakkab tebranish spektrini chizing.

12.37. $\nu_1 = \nu_2 = 5$ *gts* birday chastota va $\varphi_1 = \varphi_2 = 60^0$ birday boshlang'ich fazali o'zaro perpendikulyar ikki tebranishlarni qo'shish natijasida olinadigan natijaviy tebranish tenglamasini yozing. Tebranishlardan birining amplitudasi $A_1 = 0{,}10$ m, ikkinchisining amplitudasi $A_2 = 0{,}05$ *m* ga teng.

12.38. Nuqta birday boshlang'ich fazaga va davrga ega ikki tebranishda qatnashadi. Tebranishlar amplitudasi $A_1 = 3$ *sm* va $A_2 = 4$ *sm*. 1) tebranishlar bir tomonlama yo'nalgan, 2) tebranish o'zaro perpendikulyar bo'lgan hollar uchun natijaviy tebranish amplitudasini toping.

12.39. Nuqta bir vaqtda ikki $x = 2\sin\omega t$ *m* va $y = 2\cos\omega t$ *m* o'zaro perpendikulyar bo'lgan tebranishlarda qatnashadi. Nuqtaning harakati traektoriyasining toping.

12.40. Nuqta bir vaqtda ikki $x = \cos\pi t$ va $y = \cos\frac{\pi t}{2}$ o'zaro perpendikulyar bo'lgan tebranishlarda qatnashadi. Nuqtaning natijaviy harakati traektoriyasini toping.

12.41. Nuqta bir vaqtda ikki $x = \sin\pi t$ va $y = 2\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ o'zaro perpendikulyar bo'lgan tebranishlarda qatnashadi. Nuqtaning harakati traektoriyasini toping va uni masshtab bilan chizing.

12.42. Nuqta bir vaqtda ikki $x = \sin\pi t$ va $y = 4\sin(\pi t + \pi)$ o'zaro perpendikulyar bo'lgan tebranishlarda qatnashadi. Nuqtaning harakati traektoriyasini toping va uni masshtab bilan chizing.

12.43. So'nuvchi tebranishlar davri *4 sek*, so'nish logarifmik dekrementi *1,6* ga boshlang'ich faza nolga teng. Nuqta $t=\frac{T}{4}$ da *4,5 sm* ga siljiydi. 1) Bu tebranishning harakat tenglamasini yozing. 2) Ikki davr chegarasida bu tebranma harakat grafigini chizing.

12.44. Tengmasi $x=e^{-0,1t}\sin\frac{\pi}{4}t$ *m* ko'rinishda berilgan so'nuvchi tebranish grafigini chizing.

12.45. So'nuvchi tebranish $x=5e^{-0,25t}\sin\frac{\pi}{2}t$ *m* tenglama ko'rinishda berilgan. 0, T, 2T, 3T va 4T vaqt paytlari uchun tebranuvchi nuqta tezligini toping.

12.46. Matematik mayatnikning so'nish logarifmik dekrementi *0,2* ga teng. Mayatnikning bir marta to'la tebranishida amplitudasi necha marta kamayishini toping?

12.47. *1* minutda tebranish amplitudasi *2* marta kamaysa, matematik mayatnikning so'nish logarifmik dekrementi qanchaga teng bo'ladi? Mayatnikning uzunligi *1 m*.

12.48. *24,7 sm* uzunlikdagi matematik mayatnikning tebranishi so'nuvchi tebranish mayatnikning tebranish energiyasi qancha vaqtdan keyin *9,4* marta kamayadi? Masalani so'nish logarifmik dekrementning 1) $\chi=0,01$ va 2) $\chi=1$ qiymatlari uchun hal qiling.

12.49. So'nish logarifmik dekrementi *0,2* bo'lgan matematik mayatnikning tebranishi so'nuvchi tebranish. Mayatnikning to'la tezlanishi bitta tebranishning chekka vaziyatida necha marta kamayadi.

12.50. *1* minutda matematik mayatnikning so'nuvchi tebranishi amplitudasi ikki marta kamaygan. *3 minut* da u necha marta kamayadi?

12.51. Muvozanat vaziyatidan chiqarilgan, uzunligi *0,5 m* bo'lgan matematik mayatnik birinchi tebranishida *5 sm*, ikkinchi tebranishida esa (o'sha tomonga) *4 sm* og'gan. Relaksatsiya vaqtini, ya'ni tebranishlar amplitudasi e marta kamayadigan vaqtni toping; bunda e - natural logarifmlar asosi.

12.52. Vertikal osilib turgan prujinaga yuk osilgan. Bu prujina *9,8 sm* ga cho'ziladi. Yukni pastga tortib, so'ng qo'yib yuborib uni tebranishga majbur etiladi. 1) Tebranishlar oradan *10 sek* o'tgach to'xtashi (shartli ravishda tebranishlar amplitudasi boshlang'ich qiymatining *1 %* iga qadar pasayganda tebranishlar so'nadi deb) uchun, 2) yuk muvozanat vaziyatiga aperiodik ravishda qaytishi uchun, 3) so'nish logarifmik dekrementi *6* bo'lishi uchun so'nish koeffitsienti δ nimaga teng bo'lishi kerak?

12.53. $m=10г$ massali jismning tebranishi so'nuvchi; amplitudasining maksimal qiymati *7 sm*, boshlang'ich fazasi nolь, so'nish koeffitsienti *1,6* sek^{-1} ga teng. Bu jism tashqi davriy kuch ta'siri natijasida majburiy tebrana boshladi. Majburiy tebranish $x=5\sin(10\pi t-0,75\pi)$ *sm* tenglama ko'rinishida. 1) Xususiy tebranish tenglamasini (son koeffitsientlari bilan), 2) tashqi davriy kuch tenglamasini (son koeffitsientlari bilan) chiqaring.

12.54. Vertikal prujinada osilgan og'irligi *0,2 kG* tosh *0,75* sek^{-1} so'nish koeffitsienti bilan so'nuvchi tebranishda. Prujinaning deformatsiya koeffitsienti *0,5 kG/sm*. Tashqi kuchning eng katta qiymati *0,98 n* bo'lsa, toshning majburiy tebranishi *A* amplitudasining tashqi davriy kuch ω chastotasiga bog'liqlik

grafigini chizing. Grafik qurishda quyidagi: $\omega = 0,\ \omega = 0{,}5\omega_0$, $\omega = 0{,}75\omega_0$, $\omega = \omega_0$, $\omega = 1{,}5\omega_0$ *ва* $\omega = 2\omega_0$ chastotalar uchun A ning qiymatlarini toping. Bunda ω_0 – osilgan toshning xususiy tebranish chastotasi.

12.55. Tuproq yo'ldan traktor o'tgach, bir-biridan *30 sm* masofada qator chuqurchalar shaklida iz qolgan. Bu yo'ldan birday ikkita ressorali bolalar kolyaskasi ham g'ildiratib o'tilgan. Ressoralardan har biri *1 kG* yuk ta'sirida *2 sm* ga egiladi. Kolyaska chuqurchalarga tushganda sikinishdan rezonansga kelib, kuchli chayqala boshlagan bo'lsa, uni qanday tezlikda tortilgan? Kolyaskaning og'irligi *10 kG*.

12.56. Davri 10^{-14} sek ga teng tebranishning to'lqin uzunligini toping. Tebranishning tarqalish tezligi $3\cdot10^{8}$ *m/sek*.

12.57. CHastotasi *ν=50 gts* va amplitudasi *A=0,25 mm* bo'lgan tovush tebranishi havoda tarqalyapti. To'lqin uzunligi $\lambda = 70$ *sm.* 1) Tebranishning tarqalish tezligini 2) havo zarrachalarining maksimal tezligini toping.

12.58. So'nmaydigan tebranish $x = 10\sin 0{,}5\pi t$ *sm* tenglama ko'rinishda berilgan. 1) Tebranishning tarqalish tezligi *300 m/sek* bo'lsa, to'lqin tenglamasini toping. 2) Tebranish manbaidan *600* m masofada turuvchi nuqta uchun tebranish tenglamasini yozing va grafik ravishda tasvir qiling. 3) Tebranish boshlanganidan keyin to'lqin nuqtalari uchun tebranish tenglamasini yozing va grafik ravishda tasvirlang.

12.59. So'nmaydigan tebranish $x = 4\sin 600\pi t$ *sm* tenglama ko'rinishda berilgan. Tebranish boshlanganidan *0,01 sek* o'tgandan keyin tebranishlar manbaidan *75 sm* masofada turuvchi nuqtaning muvozanat vaziyatidan siljishini toping. Tebranishning tarqalish tezligi *300 m/sek*.

12.60. So'nmaydigan tebranish $x = \sin 2{,}5\pi t$ *sm* tenglama ko'rinishda berilgan. Tebranish boshlanganidan $t = 1$ *sek* o'tgandan keyin tebranishlar manbaidan *20 m* masofada nuqtaning muvozanat vaziyatidan siljishini, tezligi va tezlanishini toping. Tebranishning tarqalish tezligi *100 m/sek*.

12.61. Tebranish manbaidan *10 m* va *16 m* masofadagi ikki nuqtaning tebranishining fazalar farqi qanchaga teng bo'ladi? Tebranish davri *0,04 sek* va tarqalish tezligi *300m/sek*.

12.62. To'lqin uzunligi *1 m* bo'lgan nurda yotib bir-biridan ikki metr masofa turuvchi ikki nuqta tebranishi fazalarini farqi topilsin.

12.63. $t = \frac{T}{6}$ payt uchun tebranish manbaidan $l = \frac{\lambda}{12}$ masofadagi nuqtaning muvozanat vaziyatidan qanchaga siljishi aniqlansin. Tebranish amplitudasi $A = 0{,}05$ *sm.*

12.64. Tebranish manbaidan *4 sm* dagi masofadagi nuqta $t = \frac{T}{6}$ paytda muvozanat vaziyatidan yarim amplitudaga teng siljiydi. Yuguruvchi to'liqin uzunligi topilsin.

12.65. Turg'un to'lqinning 1) uncha zich bo'lmagan muhitdan qaytarilayotgan 2) ancha zich muhitdan qaytarilayotgan hollardagi tugun va qavariqlik holati topilsin va grafigi chizilsin. Yuguruvchi to'lqin uzunligi *12 sm* .

12.66. Turg'un to'lqilnining birinchi va to'rtinchi qavariqlari orasidagi masofa *15 sm* bo'lsa, tebranish to'lqin uzunligini aniqlansin.

13-§. Akustika

Muayyan muhitdagi akustik tebranishlarning tarqalish tezligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bunda E- muhitning Yung moduli va ρ - muhitning zichligi.

Gazlardagi tarqalish tezligi

$$c = \sqrt{\frac{\chi RT}{\mu}},$$

bunda μ - bir kilomolь gazning massasi, T - absalyut temperaturasi, $R-$ gaz doimiysi, $\chi = \frac{C_P}{C_V}$ (C_P - o'zgarmas bosimdagi gazning issiqlik sig'imi va C_V - o'zgarmas hajmdagi gazning issiqlik sig'imi).

Tovush bosimi darajasi L_1 (detsibel hisobida) tovush bosimi amplitudasi ΔP bilan

$$L_1 = 20\lg\frac{\Delta P}{\Delta P_0}$$

munosabatda bog'langan; bunda $\Delta P_0 -$ tovush qattiqligining nolь darajasidagi tovush bosimi amplitudasi. Tovush qattiqlik darajasi L_2 (fon hisobida) tovush intensivligi bilan

$$L_2 = 10\lg\frac{I}{I_0}$$

munosabatda bog'langan; bunda I_0 -tovush qattiqligining nolь darajasi.

$$I_0 = 10^{-12}\ вт/м^2 \quad \text{va} \quad \Delta P_0 = 2\cdot 10^{-5}\ н/м^2$$

deb qabul qilingan.

Dopler printsipiga ko'ra kuzatuvchi qabul qilayotgan tovush chastotasi

$$v' = \frac{c+\upsilon}{c-u}v$$

formula bilan aniqlanadi, bunda v - manbadan yuborilayotgan tovush chastotasi, $u-$ tovush manbaining harakat tezligi, υ - kuzatuvchining harakat tezligi va c -tovushning tezligi. Kuzatuvchi tovush manbaiga qarab harakat qilayotgan bo'lsa, tezlik $\upsilon > 0$; tovush manbai kuzatuvchiga qarab harakat qilayotgan bo'lsa $u > 0$.

Torning asosiy ton chastotasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\upsilon = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{F}{\rho S}},$$

bunda l - torning uzunligi, F - uning taranglik kuchi, S - ko'ndalang kesim yuzi va ρ - muhit materialining zichligi.

13.1. *435 gts* chastotali asosiy ton lya ning to'lqin uzunligi topilsin. Tovush tezligi *340 m/sek* deb qabul qilinsin.

13.2. Odam qulog'i chastotasi taxminan *20 gts* dan *20000 gts* gacha bo'lgan tovushlarni qabul qila oladi. Tovush tebranishlarining eshitilish intervali qanday to'lqin uzunliklari o'rtasida yotadi? Toshvushning havodagi tezligi *340 m /sek* deb qabul qilinsin.

13.3. Tovushning po'latdagi tarqalish tezligi topilsin.

13.4. Tovushning misdagi tarqalish tezligi topilsin.

13.5. Tovushning kerosendagi tarqalish tezligi *1330 m /sek*. Kerosenning siqilish koeffitsienti topilsin.

13.6. Dengizning chuqurligi exolot yordami bilan o'lchangan. Tovush paydo bo'lgan paytdan uni qabul qilib olgunga qadar *2,5 sek* o'tgan bo'lsa, Dengizning chuqurligi qancha bo'lgan? Suvning siqilish koeffitsienti $4{,}6\cdot10^{-10}\ м^2/н$ va dengiz suvining zichligi *1030* $кг/м^3$.

13.7. 1) -20^0 S; 2) 0^0 S; 3) $+20^0$ S temperaturalarda tovushning havoda tarqalish tezligi topilsin.

13.8. Yozda havodagi (temperatura $+27^0$ S) tovushning tarqalish tezligi qishdagi (temperatura -33^0 S) tarqalish tezligidan necha marta ko'p?

13.9. Tajriba sharoitida ikki atomli gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi *461 m/sek* ekanligi ma'lum bo'lsa, shunday sharoitda tovushning gazdagi tarqalish tezligi topilsin.

13.10. Ikki atomli gazning zichligi *760 mm* simob ustunida $1{,}29\cdot10^{-3}\ г/см^3$ bo'lsa, tovushning shu gazda tarqalish tezligi topilsin.

13.11. Bir kilomolь azot molekulasining ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $3{,}4\cdot10^3$ *kj* ga baravar ekanligi ma'lum bo'lsa, shunday sharoitda tovushning azotdagi tarqalish tezligi topilsin.

13.12. Atmosfera yuqori qatlamlarining temperaturasini aniqlash uchun termometrdan foydalanib bo'lmaydi, chunki gaz zichligi kam bo'laganligidan termometr atrofdagi muhit bilan issiqlik muvozanatiga kela olmaydi. SHu maqsadda granatli raketa uchirilib, muayyan balandlikka chiqqanida granat portlatiladi. Yer yuzidan *21 km* balandlikdagi portlashdan chiqqan tovush *19 km* balandlikdagi portlashdan chiqqan tovushdan *6,75 sek* kechikib kelsa, *20 km* balandlikdagi temperaturani aniqlang.

13.13. Havo – shisha chegarasidagi tovush to'lqinlarining sindirish ko'rsatkichi nimaga teng? SHisha uchun Yung moduli $6{,}9\cdot10^{10}\ н/м^2$ ga teng, shishaning zichligi *2,6* $г/см^3$, havoning temperaturasi 20^0 S.

13.14. Havo – shisha chegarasida tovush to'lqinlarining to'la ichki limit burchagi topilsin. Oldingi masaladagi kerakli ma'lumotlardan foydalansin.

13.15. Ikki tovushning qattiqlik darajasi *1 fon* ga farq qiladi. Bu tovushlar intensivliklarining nisbati topilsin.

13.16. Ikki tovushning bosim darajasi *1 db* ga farq qiladi. Amplitudaning tovush bosimiga nisbati topilsin.

13.17. Ko'chadagi *70 fon* qattiqlikdagi shovqin xonada *40 fon* qattiqlikdagi shovqin bo'lib eshitiladi. Ko'chadagi va xonadagi tovush intensivliklarining nisbati topilsin.

13.18. Tovush intensivligi *1000* baravar kuchaygan. 1) Tovush bosimining darajasi necha detsibel kuchaygan? 2) Tovush bosimining amplitudasi necha marta kattalashgan?

13.19. Tovush intensivligi $10^{-2}\ вт/м^2$. 1) Qattiqlik darajasini, 2) tovush bosimi amplitudasini toping.

13.20. Tovush intensivligi; 1) *3000* marta va 2) *30000* marta ortgan bo'lsa, tovushning qattiqlik darajasi qancha fonga kuchaygan?

13.21. Patefon plastinkasida lya toni uchun (*435 gts*): 1) yozuv boshida markazdan *12 sm* masofadagi, 2) yozuv oxirida markazdan *4 sm* masofadagi tovush ariqchalarining qo'shni tishlari orasidagi masofa topilsin. Plastinkaning aylanish tezligi *78 ayl/min*.

13.22. 1) $\nu = 100$ gts va 2) $\nu = 2000$ gts uchun grammofon plastinkasidagi tovush ariqchalarining qo'shni tishlari orasidagi masofa topilsin. Plastinka markazigacha bo'lgan o'rtacha masofa *10 sm* deb hisoblansin. Plastinkaning aylanish tezligi *78 ayl/min*.

13.23. Kundt trubkasida turg'un to'lqin hosil bo'lganida havo ustunida *6* qavariqlik kuzatilgan. Agar po'lat sterjenь havo ustunining: 1) o'rtasiga, 2) bir uchiga mahkamlangan bo'lsa, havo ustunining uzunligi qancha bo'lgan? Sterjenning uzunligi *1 m*. Tovushning po'latdagi tezligi *5250 m/sek* va havodagi tezligi *343 m/sek*.

13.24. SHisha sterjenь o'rtasidan mahkamlanganida havo ustunida *5* qavariqlik kuzatilgan bo'lsa, Kundt trubkasidagi bu sterjenning uzunligi qancha? Havo ustunining uzunligi *0,25 m*. SHisha uchun Yung moduli $6{,}9 \cdot 10^{10}$ $н/м^2$ va shishaning zichligi $2{,}5$ $г/см^3$. Tovushning havodagi tezligi *340 m/sek* deb olinsin.

13.25. Qavariqliklarni bir- biridan ajratishning eng kichik masofasi $l \cong 4\,мм$ deb olinsa, tovush tezligini aniqlashda qanday eng katta chastotalar uchun Kundt metodi yaroqli bo'ladi? Tovushning havodagi tezligi *340 m/sek* deb olinsin.

13.26. Ikki poezd 72 km/ soat va 54 km/soat tezlik bilan bir-biriga qarama- qarshi kelmoqda. Birinchi poezd 600 gts chastota bilan xushtak chaladi. Ikkinchi poezddagi yo'lovchi eshitadigan tovushning: 1) poezdlar uchrashishidan avval, 2) poezdlar uchrashganidan keyin qanday tebranish chastotada bo'lishini toping. Tovushning tezligi *340 m/sek* deb olinsin.

13.27. Poezd qo'zg'almas kuzatuvchi yonidan o'tayotganida paravoz gudogi tovushining ton balandligi birdan o'zgaradi. Poezd *60 km/ soat* tezlikda yurayotgan bo'lsa, tovush tonining birdan o'zgarish miqdori ton xaqiqiy chastotasining necha protsentini tashkil qiladi?

13.28. Dengiz qirg'og'idagi kuzatuvchi paraxod gudogining tovushini eshitadi. Kuzatuvchi va paraxod tinch turgan paytda kuzatuvchi qabul qiladigan tovush chastotasi *420 gts* chastotaga to'g'ri keladi. Paraxod kuzatuvchiga tomon harakat qilayotganida chastota *415 gts* ga teng bo'ladi. agar tajriba sharoitidagi tovush tezligi *338 m/sek* bo'lsa, birinchi va ikkinchi hollardagi parahodning tezligi aniqlansin.

13.29. Miltiq o'qi *200 m/sek* tezlik bilan uchadi. Qo'zg'almay turgan kuzatuvchi uchun uning oldidan uchib o'tayotgan o'q tonining balandligi necha marta o'zgarishi topilsin. Tovush tezligi *333 m/sek* deb qabul qilinsin.

13.30. Birday tezlik bilan qarama-qarshi borayotgan ikki poezddan birining hushtak toni ikkinchisiga eshitilayotganda *9/8* marta o'zgarishi uchun ularning tezliklari qanday bo'lishi kerak? Tovush tezligi *335 m/sek* deb olinsin.

13.31. Ko'rshapalak devorga perpendikulyar yo'nalishda $\vartheta = 6{,}0\ м/сек$ tezlik bilan $\nu = 4{,}5 \cdot 10^4$ gts chastotali ulьtratovush chiqarib uchmoqda. Ko'rshapalak qanday chastotali ikki xil tovushni eshitadi? Tovush tezligini 340 m/sek deb oling.

13.32. Radiusi *0,05 sm* bo'lgan po'lat tor *100 kG* kuch bilan tarang tortilganda *320 gts* chastotali ton berishi uchun uning uzunligi qanday bo'lishi kerak?

13.33. Uzunligi *20 sm* va diametri *0,2 mm* bo'lgan po'lat tor notada lya ni (chastotasi *435 gts*) chiqarishi uchun uni qanday kuch bilan tarang tortish kerak ?

13.34. Po'lat uchun mustahkamlik chegarasi ma'lum bo'lsa, uzunligi *1 m* bo'lgan torni sozlash uchun eng katta chastota topilsin.

13.35. *15 kG* kuch bilan tarang tortilgan tor kamertonda sekundiga *8* urilish beradi. Bu tor *16 kG* kuch bilan tarang tortilgandan keyin u kamerton bilan unisonga sozlangan. Kamertonning tebranish soni aniqlansin.

13.36. Oldingi masaladagi kamerton ikkinchi kamertonda *5* sekundiga *10* urilish beradi. Ikkinchi kamertonning tebranish chastotasi topilsin.

13.37. $F = 6 \cdot 10^3$ n kuch bilan tarang tortilgan torning asosiy toni chastotasi topilsin. Torning uzunligi $l = 0{,}8$ *m* va og'irligi $P = 0{,}03$ *kG*.

13.38. 1) Ochiq truba, 2) berk truba asosiy tonining chastotasi topilsin.

13.39. Berk truba 130,5 gts chastotaga to'g'ri keladigan asosiy ton beradi. Truba ochilgan. Endi u qanday asosiy ton chiqaradi? Trubaning uzunligi qancha? Tovushning havodagi tezligi 340 m/sek deb olinsin.

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

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

U.Boboho'jayev

MEXANIKA FANIDAN

LABORATORIYA ISHLARI

uchun uslubiy ko'rsatma
(fizika yo'nalish talabalari uchun)

Namangan – 2022

ANNOTATSIYA

Fizika sohalaridagi zamonaviy fan yutiqlariga tayangan holda fizika qonuniyatlarini fan va texnikada keng qo'llaniladi. Fizikaning mexanika fizika qonuniyatlarni o'rganish hozirgi zamonning dolzarb vazifalaridandir.

Ushbu uslubiy ko'rsatmada fizika yo'nalishi talabalari uchun mexanika fani bo'yicha bajariladigan laboratoriya ishlari yoritilgan. Har bir laboratoriya ishi tavsifida ishning maqsadi, kerakli asbob uskunalar, nazariy qism, ish qurilmasidan foydalanish, ishning bajarish tartibi, nazorat savollari va foydalanilgan adabiyotlar ko'rsatilgan.

Ushbu uslubiy ko'rsatmadan fizika o'qiydigan boshqa yo'nalish talabalari ham foydalanishi mumkin.

Taqrizchilar: NamDU fizika kafedrasi dosenti X.Qo'chqarov

Namangan davlat universiteti o'quv-uslubiy kengashida muhokama etilgan va chop etishga ruxsat berilgan.

Bayonnoma № ____ _____ 2022 yil.

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

SO’Z BOSHI

O’zbekiston Respublikasi Prezidenti I.A.Karimovning tashabbuslari bilan qabul qilingan «Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi» har tamonlama barkamol, mustaqil fikrlovchi, erkin komil shaxsning shakllanishini ta’minlovchi uzluksiz ta’lim tizimining asosiy xuquqiy xujjatidir. Ushbu dasturning maqsadi ta’lim sohasini islox qilib rivojlangan davlatlar darajasida yuqori malakali kadrlar tayyorlash milliy tizimini yaratishdan iborat. Hozirgi ilm-fan va texnika rivojlangan va yanada yuksak darajaga ko’tarilayotgan bir sharoitda hech bir sohani fizikasiz tasavvur qilish mumkin emas. SHu sababli, fizika fani yoshlarni mustaqil hayotga tayorlashning asosiy omillaridan biri bo’lib qoladi. Ma’lumki, fizik qonuniyatlarni o’rganishni eng asosiy omillaridan biri bu fizik praktikum hisoblanadi. CHunki laboratoriya ishlarini bajarish orqali tabiat hodisalarini tushuntiruvchi fizik qonunlarini bevosta tekshirib ko’rish mumkin. SHularni nazarda tutgan holda, ushbu qo’llanmada umumiy fizika kursining mexanika bo’limida o’rganiladigan asosiy fizik parametrlarni aniqlashni talaba yoshlarga o’rgatishni maqsad qilib yozilgan laboratoriya ishlari bayon etilgan. SHu bilan birga uslubiy qo’llanmadagi har bir laboratoriya ishida o’rganiladigan parametr yoki xarakteristikalarini aniqlovchi nazariy ma’lumotlarni berishda talabalarni o’zlashtirishlarini hisobga olib murakkab nazariiy tahlillarni, tushunarli bo’ladigan sodda holda berishga harakat qilingan. O’ylaymizki, bu uslubiy qo’llanma universitet talabalarining fizika kursini o’zlashtirishlarida o’ziga xos hissa qo’shadi.

Mualliflar.

XATOLIK TURLARI

Har qanday o'lchashlar hamma vaqt qandaydir xatoliklar bilan bajariladi. Bu xatoliklar ikki guruhga – muttasil va tasodifiy xatoliklarga bo'linadi.

1. Muttasil xatolik- hamma vaqt mavjud bo'ladigan xatolikdir. Asbobning noto'g'ri o'rnatilishidan va o'lchash usulining noto'g'ri tanlanishidan kelib chiqadigan xatoliklar muttasil xatoliklardir. Bu xatoliklar ba'zi tashqi omillar ta'sirida, masalan, chizg'ich shkalasining notekis darajalanishidan termometr nolining haqiqiy nol temperaturaga mos kelmasligi, termometr kapilyari kesim yuzining kapilyar bo'yicha bir xil bo'lmasligi, ampermetrdan elektr toki o'tmagan vaqtda uning milining shkala noliga mos kelmasligi va boshqalar tufayli paydo bo'ladi. Suyuqlik va gazning xajmini o'lchashda temperatura o'zgarishi sababli ularning xajmiy kengayishi; massani o'lchaganda o'lchanayotgan jismga, tarozi toshlariga havo tomonidan ta'sir etuvchi itarib chiqarish kuchi ta'sir qilishini va kalorametrik o'lchashlarda asbobning tashqi muhit bilan issiqlik almashinishini hisobga olmaslik tufayli muttasil hatolikka yo'l qo'yiladi.

Ba'zi bir fizik kattaliklar qiymatini jadvaldan olganda ularni yaxlitlaganda, shuningdek formulaga kiruvchi ba'zi doimiylarning taqribiy qiymatlarini olganda muttasil hatolikka yo'l qo'yiladi. Masalan, π= 3,14159265 deb olish o'rniga π=3; π=3,14 deb, suvning sindirish ko'rsatgichi uchun n =1,333 deb olish o'rniga n =1,3; n =1,33 deb olsak ham biz har safar muttasil hatolikka yo'l qo'ygan bo'lamiz. Muttasil xatolik aniq sabablar tufayli yuz berib, uning kattaligi takroriy o'lchashlarda o'zgarmas bo'lishi yoki muayyan qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin. O'lchash usulini o'zgartirib, asbobning ko'rsatishlariga tuzatishlar kiritib muttasil ravishda ta'sir qiluvchi tashqi omillarni hisobga olish bilan bu hatolikni kamaytirish mumkin.

2. Tasodifiy xatoliklar- oldindan hisobga olinishi qiyin bo'lgan va har bir o'lchashga ta'siri xar hil bo'lgan tasodifiy sabablarga ko'ra yuz beradigan xatoliklardir. Masalan, elektr o'lchashlarda elektr tarmoqdagi kuchlanishning o'zgarishi, plastinka qalinligini o'lchaganda qalinlikni hamma joyda bir hil bo'lmasligi, o'lchashlarda asbob shkalasining etarlicha

yoritilmasligi, asboblarning stol ustida yaxshi joylashtirilmasligi, sezgi a'zolarimizning tabiiy nokomilligi oqibatida tasodifiy xatolikka yo'l qo'yamiz. Ayrim o'lchashdagi tasodifiy xatolikni yo'qotib bo'lmasada, tasodifiy hodisalar to'g'risidagi matematik nazariyadan foydalanib, bu xatolikni o'lchash natijasiga ta'sirini kamaytirish va xatolik kattaligini hisoblash uchun ma'qulroq bo'lgan ifodani aniqlash mumkin.

Muttasil va tasodifiy xatoliklardan tashqari yana qo'pol xatoliklar ham bo'ladi. Qo'pol xatolik kuzatish va o'lchashlar noto'g'ri bajarilishi tufayli yuz beradi. Bu xatolik shkala bo'yicha beparvo hisob olishdan, natijalarni pala- partish yozishdan kelib chiqadi. Bunday qo'pol xatolikni yo'qotish uchun yozilganlarni qayta qarab chiqib, o'lchashlarni qayta bajarish kerak. Har qanday o'lchashda qo'pol xatolikni yo'qotishning birdan-bir usuli – o'lchashni juda puxtalik va e'tibor bilan qayta bajarishdir. O'lchash davomida o'lchash asbobi beradigan xatolikdan boshqa xar hil muttasil xatoliklar va qo'pol xatoliklar yo'qotilgan deb faraz qilib, bevosita o'lchash xatoliklari nazariyasining asosiy qoidalarini qarab chiqamiz. Quyida keltiriladigan xatoliklar nazariyasida tasodifiy xatoliklar son qiymat jihatidan muttasil xatoliklardan katta deb faraz qilingan.

FIZIK KATTALIKNING O'RTACHA QIYMATI. MUTLAQ VA NISBIY XATOLIKLAR

Biror fizik kattalikning o'lchashlar natijasida topilgan X_1, X_2, X_3, ...X_n qiymatlarini ichida haqiqiy qiymatga eng yaqini ushbu

$$X \approx \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad (1)$$

ifodadan aniqlanadi, bu erda n-o'lchashlar soni.

O'lchash vaqtida topilgan qiymatlar bir-biridan farqli bo'lib, ularning o'rtacha qiymatdan farqi ayrim o'lchashning mutlaq xatoligi deyiladi. Qaysi o'lchashning mutlaq xatoligi kichik bo'lsa, shu o'lchash aniqroq bajarilgan deb hisoblanadi. O'rtacha qiymatdan katta farq qiluvchi qo'pol xatoliklar xatolikni hisoblash vaqtida tushirib qoldiriladi.

Agar n ta takroriy o'lchash natijasida $\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \ldots \Delta X_n$, mutlaq xatoliklar yuz bergan bo'lsa, o'lchashlarning o'rtacha mutlaq xatoligi shu xatoliklar mutlaq qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymatiga tengdir.

$$\Delta\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta X_i}{n} \qquad (2)$$

Tabiiyki, fizik kattalikning haqiqiy qiymati topilgan o'rtacha qiymatdan $\pm\Delta\overline{X}$ qadar farq qiladi, ya'ni:

$$X = \overline{X} \pm \Delta\overline{X} \qquad (3)$$

O'lchashlar soni nega shunday tanlanganligi talabani qiziqtirishi mumkin. Biroq ba'zi bir hollarda o'lchash natijasiga ta'sir qiluvchi tashqi omillar o'lchashlar sonini yetarlicha katta qilib olganda ham fizik kattalikning o'rtacha mutlaq xatoligini o'lchash asbobi kiritadigan xatolikdan kichraytirishga imkon bermaydi. Bunday hollarda o'lchashlar soni laboratoriya sharoiti bilan belgilanib, aniqlanayotgan kattalikning xatoligi uchun o'lchashning o'rtacha mutlaq xatoligini olishga to'g'ri keladi. Agar tajriba vaqtida bir qator fizik kattaliklarni o'lchash zarur bo'lsa, ularning har biri uchun o'lchash xatoligini aniqlash kerak bo'ladi. Biroq har bir kattalikka oid mutlaq xatolikni bilganimiz holda kattaliklar bir jinsli bo'lmaganligi sababli ularni o'zaro solishtirish mumkin emas. Bunday hollarda hatolikni *nisbiy qiymati* bilan ish ko'rish lozim. Biror kattalikning o'lchashlar natijasida topilgan o'rtacha qiymati $\overline{X}$, mutlaq xatolikning o'rtacha qiymati $\Delta\overline{X}$ bo'lsa, nisbiy hatolik $E = \frac{\Delta\overline{X}}{\overline{X}}$ yoki foizlarda ifodalasak, $E = \frac{\Delta\overline{X}}{\overline{X}}100\%$ bo'ladi. Masalan, stol qirrasining uzunligi chizg'ichda 0,002 m mutlaq xatolik bilan yorug'lik to'lqinining uzunligi esa $2\cdot10^{-8}$ m mutlaq xatolik bilan o'lchangan bo'lsa, stol qirrasining va yorug'lik to'lqini uzunligining muayyan qiymatlarida (l=1 m, λ=$6\cdot10^{-7}$ m) o'lchashlarning nisbiy xatoliklari quyidagicha bo'ladi.

$$E = \frac{\Delta l}{l}100\% = 0{,}2\%$$

$$E = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}100\% = 3{,}3\%$$

Demak, yorug'lik to'lqini uzunligi stol qirrasi uzunligiga nisbatan taxminan *16* marta kattaroq xatolik bilan o'lchangan ekan.

FUNKTSIYA XATOLIKLARINI DIFFERENTSIAL USUL YORDAMIDA HISOBLASH

Bir qator hollarda biror *Y* fizik kattalikni aniqlash uchun *Y* bilan *Y=f(X)* qonun orqali bog'langan *X* ni o'lchash kerak bo'ladi. *X* ni qator o'lchashlarda o'lchash asbobi kiritgan muttasil xatoliklar hamda tashqi omillar ta'sirida yuz bergan tasodifiy xatoliklar orqali *Y* kattalik funktsiyani xatoligi baholanadi. Bunday hollarda differentsiallash qoidalari asosida maksimal mutlaq xatolikning va unga mos maksimal nisbiy xatolikni hisoblash uchun ifodalar olish mumkin. Agar *X* ni o'lchashdagi xatolik ΔX , bo'lsa, *Y* ning mutlaq xatoligi ΔY taqriban ushbuga teng.

$$|\Delta Y| \approx |dY| = |f'(X)||\Delta X| \qquad (4)$$

Bunda$|\Delta X|$ kattalik *X* ni o'lchashda yo'l qo'yilgan xatolikning mutlaq qiymati. Bunday fizik mazmunni nazarga olsak,

$$\Delta Y = f'(X)\Delta X \qquad (5)$$

bo'ladi, ya'ni *Y* kattalik $Y \pm \Delta Y$ oraliqda joylashgandir.

Ko'p hollarda tajribada biror kattalikni aniqlash uchun shu kattalik bilan muayyan qonuniy bog'lanishda bo'lgan ikki va undan ortiq fizik kattaliklarni bevosita o'lchash va demak, aniqlanishi kerak bo'lgan kattalikning xatoliiklarini bevosita o'lchanuvchi kattaliklarning xatoliklari orqali aniqlash zarur bo'ladi. Bu vazifa ham differentsial usullar asosida hal qilinadi. Matematika tili bilan aytganda ko'p argumentli ushbu

$$Y=f(X_1,X_2,X_3, \dots X_n) \qquad (6)$$

funktsiyaning mutlaq va nisbiy xatoliklarini aniqlash lozim. Buning uchun argumentlar orttirmalari qiymatlarining funktsiyaning shu argument bo'yicha hosilasi mutlaq qiymatiga tegishlicha ko'paytmalari yig'indisi aniqlanadi. U funktsiya orttirmasining mutlaq qiymatiga teng bo'ladi:

$$\Delta Y = \left|\frac{\partial f(X_1, X_2, ... X_n)}{\partial X_1}\Delta X_1\right| + \left|\frac{\partial f(X_1, X_2, ... X_n)}{\partial X_2}\Delta X_2\right| + ... + \left|\frac{\partial f(X_1, X_2, ... X_n)}{\partial X_n}\Delta X_n\right| \qquad (7)$$

Bundalar $\frac{\partial f(X_1, X_2, ... X_n)}{\partial X_1}, \frac{\partial f(X_1, X_2, ... X_n)}{\partial X_2} .... \frac{\partial f(X_1, X_2, ... X_n)}{\partial X_n}$ funktsiyaning xususiy differentsiallari. Argument orttirmalarining mutlaq qiymatlari $[|\Delta X_1|, |\Delta X_2|, ..., |\Delta X_n|]$, bevosita o'lchanadigan fizikaviy kattaliklarninig mutlaq xatoliklarini aks ettiradi. Funktsiyani differentsiallash vaqtida argumentlar orasidagi turlicha bog'lanish xarakterlari tufayli musbat va manfiy ishorali hadlar hosil bo'ladi. Xatoliklar nazariyasining, o'lchash jarayonida sodir bo'luvchi xatoliklar qo'shiladi, degan qoidasiga binoan biz yuqorida murakkab funktsiya differentsiali ifodasida hamma hadlarning mutlaq qiymatlarini oldik. Aniqlanuvchi kattalikning to'la xatoligi ayrim o'lchashlarning xatoliklari asosida belgilanganidek har bir bevosita o'lchashda yo'l qo'yiladigan xatolikntng umumiy xatolikka qo'shadigan xissasini bilish muhimdir. Agar o'lchanuvchi har bir kattalik xatoligining xissasini bilsak bu kattalikni o'lchashda ishlatiladigan asboblarga muayyan talablar qo'ya olamiz, shuning bilan birga, bu o'lchashni necha marta takrorlash kerakligini belgilab olishimiz mumkin. Ikkinchi tomondan, ba'zi kattaliklarni o'lchashda ortiqcha aniqlikka intilish zaruriyati bo'lmay qoladi.

ENG KICHIK KVADRATLAR USULI

Oldingi hollarda bevosita o'lchanayotgan yoki bilvosita aniqlanayotgan kattalik bir qator ketma-ket o'lchashlarning hammasida ham o'zgarmasdan turar edi.Ammo o'lchanayotgan kattalikka ta'sir qiluvchi boshqa kattaliklarni o'lchash jarayonida o'zgarishi tufayli uning o'zi ham o'zgarib qoladigan hollar uchrab turadi.bunday hollarda o'lchashning maqsadi izlanayotgan kattalikning boshqa kattaliklar bilan funktsional bog'lanishi eng yaxshi qanoatlantiruvchi qonunni aniqlashdan iborat bo'ladi. Gaz zichligining bosimga, suyuqlik qovushqoqligining temperaturaga va matematik tebrangich tebranish davrining uning uzunligiga bog'lanishini aniqlash va boshqalar shunday o'lchashlarga misol bo'ladi. Bunday o'lchashlar ham tasodifiy o'lchashlarga ega, chunki kuzatish natijalarida statistik

chetlanishlar mavjud bo'lib, ular o'zgaruvchan ''haqiqiy'' qiymatga nisbatan chetlanishlarni beradi. X o'lchash natijasidan Y izlanayotgan kattalikning bir necha qiymatlari topiladi-ki, bular to'g'ri burchakli koordinata tekisligidagi nuqtalar koordinatasidan iboratdir. Agar bu nuqtalarni ketma-ket bir-biri bilan tutashtirsak, siniq chiziq hosil bo'lib, u biz izlayotgan $Y=f(x)$ bog'lanishni aks ettirmaydi. Maqsad tajribaviy nuqtalardan foydalanib, $Y=f(x)$ haqiqiy bog'lanishni ifodalovchi chiziqni hosil qilishdir. Ehtimollik nazariyasining ko'rsatishicha, bunday chiziq uchun nuqtalardan chiziqqacha tushirilgan tik chiziqning uzunligi bilan aniqlanuvchi masofa kvadratlarining yig'indisi minimal bo'lishi kerak. Bu usul *eng kichik kvadratlar* usuli deb ataladi. Bu usulning mohiyati quyidagicha: nazariy mulohazalarga asosan matematik tebrangich davrining kvadrati uning uzunligiga tug'ri mutanosib, deyish mumkin. SHuning uchun tajribadan olingan nuqtalarning eng yaxshi qanoatlantiruvchi chiziq tug'ri chiziqdan juda kam farq qilishi kerak. Agar nuqtaning abstsissasini X_1 deb, ordinatasini Y_1 deb belgilasak, u holda izlanayotgan to'g'ri chiziq tenglamasi

$$Y_1=a+bX_1 \tag{8}$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu (8) izlanayotgan to'g'ri chiziq tenglamasini eng kichik kvadratlar usuli bo'yicha aniqlash quyidagicha bajariladi: ordinatasi Y_1 ga teng bo'lgan nuqtalardan izlanayotgan to'g'ri chiziqqacha ordinatalar o'tkazamiz. Bu to'g'ri chiziq ordinatalarning qiymati $a+bX_1$ ga teng. Nuqtadan ordinata bo'yicha to'g'ri chiziqqacha bo'lgan masofa esa $(a+bX_i-Y_i)=\varepsilon_i$ ga teng.

Agar bunday masofalar kvadratlarinnig yig'indisi eng kichik, ya'ni

$$\sum_{i=1}^{n}(a+bX_i-Y_i)^2=\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2=\min \tag{9}$$

bo'lsa, to'g'ri chiziq biz izlayotgan to'g'ri chiziqqa eng yaqin keluvchi chiziq bo'ladi, deb faraz qilish mumkin. Bu yig'indining minimumi differentsial qoidalariga asosan topiladi. (9) tenglamadagi a va b koeffitsientlar o'zgaruvchan kattaliklar bo'lib, ular uchun shunday qiymatlarni aniqlash kerakki, bu qiymatlar (9) ni to'la qanoatlantirsin. Buning uchun (9) dan a va b o'zgaruvchilar bo'yicha xususiy xosilalar olib, ularni nolga tenglashtirsak

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial a} = \sum_{i=1}^{n}(a + bX_i - Y_i) = 0,$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial b} = \sum_{i=1}^{n}(a + bX_i - Y_i)X_i = 0$$

ifodalarni olamiz. Bularni shunday yozish mumkin.

$$\sum_{i=1}^{n}(a + bX_i - Y_i) = 0,$$

$$\sum_{i=1}^{n}(a + bX_i - Y_i)X_i = 0$$

Yig'indi ichidagi qavsni ochib chiqsak

$$na = b\sum_{i=1}^{n} Xi = \sum_{i=1}^{n} Yi,$$

$$a\sum_{i=1}^{n} X_i + b\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i X_i \qquad (10)$$

(10) ifodani (8) boshlang'ich tenglamaning *normal tenglamalari* deyiladi.

Bu normal tenglamalar muayyan usul bo'yicha tuziladi.(10) ko'rinib turibdiki:

1) ning *a* uchun yozilgan normal tenglamsini hosil qilish uchun (8) boshlang'ich tenglamani har birining chap va o'ng tomonlarini *a* ning oldida turgan koeffitsientga ko'paytirib, hosil bo'lgan tenglamalarni yig'ib chiqish kerak.

2) (10) ning *b* ga tegishli normal tenglamasini hosil qilish uchun huddi oldingiga o'xshash (8) ning chap va o'ng tomonining *b* ning oldidagi koeffitsientga ko'paytirib, hammasini yig'ib chiqish kerak. Bu normal tenglamalardan foydalanib (8) boshlang'ich tenglamadagi noma'lum *a* va *b* koeffitsientlarni aniqlash mumkin. Bu noma'lum koeffitsientlarni aniqlash usullari hilma-hildir. (10) dan *a* ni aniqlash uchun birinchi yo'lga *b* ning normal tenglamasini yozamiz, ikkinchi yo'lni bo'sh qoldirib, uchinchi yo'lga *a* ga tegishli normal tenglamani yozamiz. Bo'sh qoldirilgan ikkinchi yo'lga *b* ning normal tenglamasini *b* oldidagi $\sum_{i=1}^{n} X_i^2$ koeffitsientga bo'lishdan hosil bo'ladigan tenglamani yozamiz. Ikkinchi yo'ldagi tenglamani *b* ning normal tenglamasidagi *a* ning koeffitsienti $\sum_{i=1}^{n} X_i$ ga ko'paytirishdan hosil bo'ladigan tenglama to'rtinchi yo'lga yoziladi. Aytilganlarni bajarib ko'raylik:

$$a\sum_{i=1}^{n} X_i + b\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i,$$

$$\frac{a\sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2} + b = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2},$$

$$na + b\sum_{i=1}^{n} X_i = \sum_{i=1}^{n} Y_i,$$

$$\frac{a\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2} + b\sum_{i=1}^{n} X_i = \frac{a\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}$$

Agar uchinchi tenglamadan to'rtinchi tenglamani ayirsak,

$$a\left(n - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}\right) = \sum_{i=1}^{n} X_i - \frac{a\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}$$

Tenglik hosil bo'ladi, bundan izlanayotgan *a* koeffitsient topiladi:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}}{n - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2}}{P_a} \qquad (11)$$

a ning oldidagi R_a koeffitsientga *a* ning *statistik vazni* deb ataladi. *b* ni aniqlash uchun birinchi yo'lga *a* normal tenglamasini yozamiz. *a* uchun yozilgan birinchi yo'ldagi tenglamani *a* ning oldidagi *n* koeffitsientga bo'lishdan hosil qilingan tenglamani bo'sh qoldirilgan ikkinchi yo'lga yozamiz. *a* ning normal tenglamasidagi *b* ning koeffitsienti $\sum_{i=1}^{n} X_i$ ga ikkinchi yo'ldagi tenglamani ko'paytirishdan hosil bo'ladigan tenglama to'rtinchi yo'lga yoziladi. Aytilganlarni bajarsak:

$$an + b\sum_{i=1}^{n} X_i = \sum_{i=1}^{n} Y_i$$

$$a + \frac{b}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i = \frac{1}{n} Y_i$$

$$a\sum_{i=1}^{n} X_i + b\sum_{i=1}^{n} X_i^2 = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i$$

$$a\sum_{i=1}^{n} X_i + \frac{b}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sum_{i=1}^{n} X_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

Uchinchi yo'ldan to'rtinchi yo'lni hadma-had ayirsak:

$$b\left(\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} X_i\right) = \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

Bundan izlanayotgan b koeffitsient

$$b = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} X_i}\right) = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i \sum_{i=1}^{n} X_i}{n}}{P_b} \qquad (12)$$

ga tengligi kelib chiqadi. *b* oldidagi P_b koeffitsient *b* ning *statistik vazni* deb ataladi. (10) bilan ifodalanufchi normal tenglamalar tizimini birgalikda echib, *a* ni aniqlashda unig normal tenglamasi ustida hech qanday matematik amal bajarilmaydi, *b* ning normal tenglamasi ustida hech qanday matematik amal bajarilmaydi, *b* ning normal tenglamasi ustida esa bo'lish va ko'paytirish amallari bajariladi.Aksincha, *b* yni aniqlashda uning normal tenglamasi o'zgarishsiz qoldirilib, *a* ning normal tenglamasi ustida bo'lish va ko'paytirish amallari bajariladi. (10) tenglamalarning echimlari (11) va (12) dan iborat. Ulardan aniqlangan *a* va *b* ni (8) ga qo'ysak, tajriba natijalaridan juda kam farq qiluvchi izlanayotgan $Y_i^* = a + bX_i$ to'g'ri chiziq tenglamasi topiladi. Xatoliklar nazariyasi *a* va *b* noma'lumlarni aniqlashdagi xatoliklarni xisoblash uchun quyidagi ifodalarni beradi:

$$\Delta a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2}{(n-k)P_a}} \quad \text{va} \quad \Delta b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2}{(n-k)P_b}}$$

bunda k – normal tenglama (10) dagi yoki boshlang'ich tenglama (8) dagi noma'lumlar — bizning misolimizda a va b lar soni (k=2).

Ma'lumki, har qanday bog'lanish to'g'ri chiziqli bog'lanish bo'lavermaydi. Lekin ko'p hollarda murakkab bog'lanishlarga sodda almashtirishlar kiritish orqali bog'lanishni chiziqli ko'rinishga keltirish mumkin. Masalan:

1) Agar $Y=l+k/X$ bo'lsa, bundagi $1/X$ o'rniga yangi Z o'zgaruvchi kiritsak, Y va Z orasidagi bog'lanish $Y=l+kZ$ chiziqli ko'rinishga keladi.

2) Xuddi shuningdek, agar $Y=ab^X$ ifodani logarifmlasak, $lgY=lga+Xlgb$ bo'lib, undagi lgY va X orasidagi bog'lanish chiziqli ko'rinishga keladi.

3) $Y=1/(a+bX)$ ifodada $Y=1/Z$ deb almashtirsak, $Z=a+bX$ hosil bo'ladi.

4) $Y=a+b/X+c/X^2$ ifodada $Z=1/X$ deb almashtirilsa, u holda $Y=a+bZ+cZ^2$ bo'ladi.

5) $Y=X/(a+bX+cX^2)$ ifodada $Z=X/Y$ almashtirish bajarilsa, $Z=a+bX+cX^2$ ifoda hosil bo'ladi.

№1 MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Matematik mayatnikning tebranish davri, harakat tenglamasi ifodalashni o'rganish. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlashni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, sekundomer.

Nazariy qism

Jismlarning muvozanat vaziyati atrofida u yoki bu aniqlikda davriy ravishda takrorlanadigan harakatiga tebranma harakat deb ataladi. Eng oddiy tebranma harakatlardan biri garmonik tebranma harakat bo'lib, bunday harakat parametrlari *sin* yoki *cos* qonuni bo'yicha o'zgarib turadi:

$$X = X_0 sin(\omega t+\varphi_0) \qquad (1)$$

Bu erda X_0, ω, φ_0 lar mos ravishda tebranishlarning amplitudasi, chastotasi va boshlang'ich fazasidir. (1) tenglama ko'rinishdagi qonuniyat bilan ro'y beradigan harakat quyidagi differentsial tenglamaning echimi ekanligiga aniq ishonch hosil qilish mumkin:

$$\ddot{X} - \omega^2 X = 0 \qquad (2)$$

Garmonik tebranishda moddiy nuqtani muvozanat holatiga qaytaruvchi va unga ta'sir etuvchi kuch:

$$F = m\ddot{X} = -m\omega^2 X$$

ga teng. U X siljishiga proportsional va qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'ladi. U doimo muvozanat holat tomon yo'nalgan bo'lib, moddiy nuqtaning muvozanat holatidan kichik og'ishlarida davriy ravishda paydo bo'lib turadi va shu kuch ta'sirida mayatnik tebranma harakat qiladi.

Matematik mayatnik deb cho'zilmaydigan ipga osilgan, moddiy nuqtadan iborat bo'lgan va muvozanat holatidan chiqarilganda muvozanat vaziyati atrofida davriy tebranma harakat qila oluvchi sistemaga aytiladi. Real sharoitlarda moddiy nuqta sifatida o'lchamlari osma uzunligiga nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik bo'lgan sharcha jismni olish mumkin. Ma'lum bir shart - sharoitlarda matematik mayatnikning tebranishlari garmonik bo'lib, uning yordamida og'irlik kuchi tezlanishi g ni aniqlash mumkin. Matematik mayatnik osilish nuqtasi O atrofida (1-rasm) aylanma tebranma harakat qila olganligi uchun uning harakatini aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni tenglamasi orqali ifodalash mumkin.

$$I\vec{\beta} = \vec{M} \tag{3}$$

bunda I-mayatnikning O nuqtasiga nisbatan inertsiya momenti, β - burchak tezlanish, M - mayatnikning muvozanat vaziyatiga qaytaruvchi kuchning momenti. Agar: $I=ml^2$;

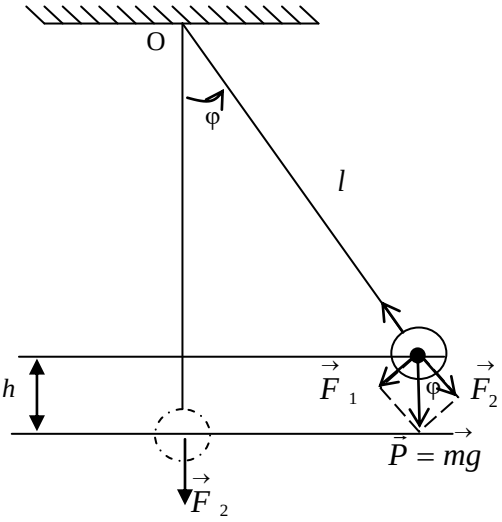
$\beta = \dfrac{d^2\varphi}{dt^2} = \ddot{\varphi}$; $M=Pl\sin\varphi=mgl\varphi$, $P=mg$

ekanini hisobga olsak (2) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$ml^2\ddot{\varphi} = mgl\sin\varphi \tag{4}$$

yoki

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l}\sin\varphi = 0 \tag{4*}$$



1-расм

(4) tenglamada minus ishora og'irlik kuchi momenti vektori bilan burchak siljishi vektori o'zaro qarama qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Mayatnikning kichik burchaklarda tebranganda $\sin\varphi \approx \varphi$ o'rinli bo'ladi va bu holda (4*) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l}\varphi = 0 \tag{5}$$

(2) va (5) ni taqqoslasak:

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \qquad (6)$$

ekani kelib chiqadi. SHunday qilib mayatnikning kichik tebranishlari garmonik harakat bo'lar ekan:

$$\varphi = \varphi_0 sin(\omega t + \varphi) \qquad (1^*)$$

Agar $\varphi l = X$ ekanligini hisobga olsak, u holda (1) dan quyidagi tenglikni yozish mumkin.

$$X = X_0 sin(\omega t + \varphi) \qquad (1^{**})$$

Agar matematik mayatnikning tebranish davrini *T* bilan belgilasak va *sinx* funktsiyaning davri 2π ga tengligini e'tiborga olsak,

$$[\omega(t+T) + \varphi_0] - (\omega t + \varphi_0) = 2\pi$$

dan $T\omega = 2\pi$ ekanligi kelib chiqadi. (6) e'tiborga olib

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (7)$$

tenglamani yozamiz.

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, matematik mayatnikning tebranish davrini o'lchash orqali og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash mumkin ekan. YA'ni

$$g = 4\pi^2 l/T^2 \qquad (8)$$

Bu ifodadan foydalanilganda, uni ideal holat uchun chikarilganligini, ya'ni ipning vazni va sharning o'lchamlarini e'tiborga olmaganligini, ipni esa cho'zilmas deb hisoblanganligini nazarda tutish kerak.

Quyida qanday hollarda bunday soddalashtirishlar o'rinli bo'lishini ko'rib o'taylik:

Mayatnikning *O* nuqtaga nisbatan to'liq inertsiya momenti, sharni moddiy nuqta deb hisoblagandagi inertsiya momenti (I_0), sharning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti (I_{sh}) va ipning o nuqtaga nisbatan inertsiya momenti (I_i) yig'indilaridan iborat bo'ladi.

$$I = I_0 + I_{sh} + I_i = ml^2 + 2mr^2/5 + m_i l^2/3 \qquad (9)$$

Bu erda m_i – ipning massasi, *m* – sharning massasi, *r*-sharning radiusi.

Agar sharning massasi 200 gr, diametrini 4 sm, ipning massasini 1 gr atrofida deb hisoblasak (9) ifodadan ko'rinadiki, $l>20$ sm qiymatlarida I_{sh} va I_i larning umumiy I ga qo'shadigan hissasi e'tiborga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'ladi. YA'ni $(I_i+I_{sh})/I_0<0,005$.

Endi ipning cho'zilmaslik shartini ko'rib chiqamiz. Mayatnik tebranma harakat qilganda taranglik kuchi $F_1=mg\cos\alpha$ dan (chetki holatda) $F_2=mg+mv^2/l$ gacha (muvozanat holatidan o'tish vaqtida) o'zgaradi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan:

$$mgh=mv^2/2$$

Bu erda (1-rasm) $h=l(1-\cos\varphi)$, sharning ko'tarilish balandligi. Bularni hisobga olsak, tebranish vaqtida taranglik kuchining o'zgarishi uchun quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\Delta F=F_2-F_1=3mg(1-\cos\varphi) \qquad (10)$$

Yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan maksimal siljish burchagi $\varphi=0.2$ radian ($\approx 12^0$) bo'lganida $\cos\varphi=0,98$ bo'lib taranglik kuchining o'zgarishi $\Delta F=0.06mg$ bo'ladi. Bunday sharoitlarda mustahkam paxta ipi yoki po'lat sim uchun ularning uzayishi hisobga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'lishini tekshirib ko'rish mumkin. (7) ifodani chiqarishda biz ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan edik. Ishqalanish kuchlari ta'sirida tebranish amplitudasi kamayib boradi va tebranish davri (7) formula beradigan qiymatdan kattaroq bo'ladi:

$$T=\frac{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}{\sqrt{1-\frac{l\theta^2}{g}}} \qquad (11)$$

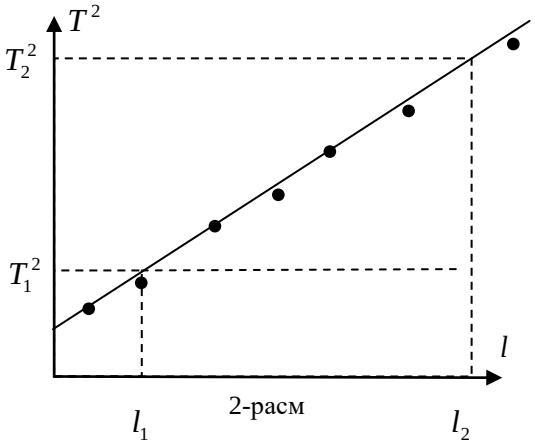
Bu erda θ-tebranuvchi jism o'lchamlariga va tebranish yuz beradi muhitning hususiyatlariga bog'liq bo'lgan kattalikdir. Bu kattalik amplituda θ marta kamayish uchun ketgan vaqtning teskari qiymatiga teng. Agar shu vaqt oralig'ida mayatnik N marta tebrangan bo'lsa $\theta=1/NT$ bo'ladi. U vaqtda (11) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$T = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}{\sqrt{1-\frac{1}{4\pi^2 N^2}}} \qquad (12)$$

Odatda tebranishlar soni 50 dan kam olinmaydi. Demak $\frac{1}{4\pi^2 N^2} << 1$ va (12) ifoda katta aniqlik bilan (7) fodadan farq qilmaydi.

Qurilmani tuzilishi va ishlashi

1- ***usul***: $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ formula yordamida g ni aniqlash uchun ikkita miqdorni, mayatnikning uzunligi l ni va unga mos keladigan tebranishlari T ni o'lchash lozim. O'lchashlar mayatnikning bir necha uzunliklari uchun kamida 3 martadan bajarilishi kerak. Ba'zan og'irlik kuchi tezlanishini (8) formula yordamida hisoblash vaqtida o'lchash hatoligini kamaytirish maqsadida quyidagi 2-usuldan foydalaniladi. formuladan ko'rinadiki,



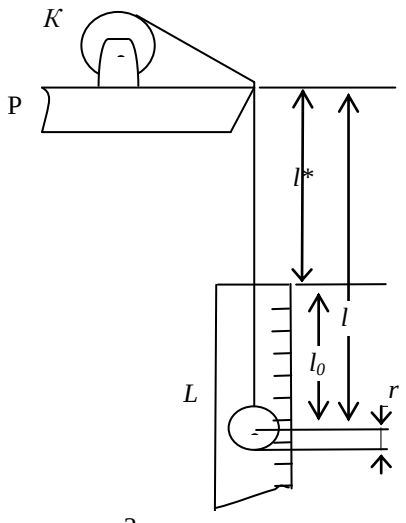
2-расм

(8)

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g} \qquad (13)$$

ya'ni tebranish davrining kvadrati mayatnik uzunligiga chiziqli bog'liqdir.

2- ***usul***. Agar mayatnikning har hil uzunligi uchun tebranish davri aniqlansa va ulardan foydalanib, T^2 ning l ga bog'lanish grafigi chizilsa, hosil bo'lgan to'g'ri chiziqning burchak koeffitsientini bilgan holda ni hisoblash mumkin (2-rasm). Bu usulning boshqa usullardan afzalligi shundan iboratki, bunda ipning uzunligini o'lchash o'rniga uning o'zgarishi $l_0=l-l^*$ ni



3-расм

g

o’lchash kifoyadir. Bu esa o’lchash hatoligini kamaytiradi.

Agar (13) ga $l= l_0+l^*$ ni qo’ysak,

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l_0 + \frac{4\pi^2 l^*}{g} \qquad (14)$$

tenglik hosil bo’ladi. Bunda $T^2=Y$, $l_0=X$, $(4\pi^2 l^*/g)=A$, $(4\pi^2/g)=B$ belgilashlar kiritsak, (14) ifoda quyidagi ko’rinishga keladi:

$$Y=BX+A \qquad (15)$$

Tajriba yo’li bilan har xil l_0 da T ni o’lchab, (13) dan foydalanib B ni topish va u orqali g ni aniqlash mumkin.

Og’irlik kuchi tezlanishini aniqlashda ishlatiladigan qurilmaning sxematik tasviri 3-rasmda ko’rsatilgan. SHar osilgan ip katta ishqalanish bilan aylanuvchi va mahkamlanuvchi K g’altakka o’ralgan. Ip g’altakdan sal pastroqda P prizma qirrasidan oshirib tushirilgan bo’lib, bu qirra osilish nuqtasi bo’lib hizmat qiladi. l_0 kattalik millimetrli chizg’ich (L) yordamida o’lchanadi. 3-rasmdan ko’rinadiki mayatnik uzunligi:

$$l= l_0+l^*$$

bunda l^* - osilish nuqtasidan lineykani noligacha masofa, r-shar radiusi.

Ishni bajarish tartibi

1. K g’altakni burash orqali mayatnikning eng kichik uzunligi tanlab olinadi va masshtabli chizg’ich shkalasidan l_0 ning qiymati o’lchanadi. Mayatnikning tebranma harakatga keltirib, 50 ta tebranish uchun ketgan vaqt (t_1) o’lchanadi. Bunda mayatnikning og’ish burchgi kichik (ko’pi bilan 10^0-12^0) bo’lishiga e’tibor berish kerak.

2. Ipni yana uzaytirib l_0 ning qiymati o’lchanadi va I–punktdagi o’lchashlar takrorlanadi. Bunday o’lchashlar mayatnikning 8-10 ta uzunligiga mos keluvchi qiymatlari uchun bajariladi.

3. So’ngra uzunlikning avvalgi mos keluvchi qiymatlar orqali kamaytirib borib, barcha l_0 lar uchun 1-punktdagi o’lchashlar bajariladi.

4. O’lchash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

1- jadval

l	l_0	n=50 tebranish vaqti		$\bar{t}_i$	T	$Y=T$
		t_i	t_i			
1 2 3						

1-usul. Jadval ma'lumotlaridan foydalanib, (8) formula yordamida l_i lar uchun og'irlik kuchi tezlanishi g_i lar aniqlanadi va g ni aniqlashdagi o'rtacha kvadratik va nisbiy hatolik topiladi:

$$\Delta g_{\check{y}p} = \frac{\Sigma \Delta g_i}{k}; \qquad \varepsilon = \frac{\Delta g_{\check{y}p}}{g_{\check{y}p}} 100\%$$

bu erda k, g ni hisoblashlar soni. Oxirgi natija $g = g_{\check{y}p} \pm \Delta g_{\check{y}p}$ ko'rinishda yoziladi.

2-usul. 1. Ikkinchi usul bilan hisoblashlar olib borilganda 1 – jadvaldan foydalanib, T ning l_0 ga bog'lanish grafigi chiziladi. 2- rasmga qarang va to'g'ri chiziqning burchak koeffitsienti B topiladi.

$$B = tg\,\alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{T_2^2 - T_1^2}{l_{02} - l_{01}}$$

Bu erdagi T^2 va l_0 larning qiymatlari grafikdan olingan nuqtalariga tegishli. Hatolikni kamaytirish maqsadida bir–biridan uzoqroq joylashgan nuqtalaridan foydalangan ma'qul.

2. B ning qiymatidan foydalanib og'irlik kuchi tezlanishi $g=4\pi^2/B$ hisoblanadi.

3. Bundan tashqari eng kichik kvadratlar metodi asosida A va B kattaliklar va ularni aniqlashdagi hatoliklar topiladi. B ning qiymatidan foydalanib g ni va uni aniqlashdagi hatolik topiladi. A va g qiymatlardan foydalanib l^* topiladi va uni bevosita o'lchash natijalari bilan solishtiriladi. A va B kattaliklarni aniqlashdagi hatoliklar quyidagi ifodalar yordamida hisoblanadi:

$$\Delta B = t_\alpha(N)\sqrt{\frac{k\sum \varepsilon_i^2}{(k-2)D}}; \qquad \Delta A = t_\alpha(N)\sqrt{\frac{\sum x_i^2 \sum \varepsilon_i^2}{(k-2)D}}$$

Nazorat savollari

1. Mayatnik nima? Matematik mayatnik nima?
2. Garmonik harakat nima va u qanday kuchlar ta'sirida ro'y beradi?
3. Og'irlik kuchi tezlanishi *g* ni hisoblash formulasini keltirib chiqaring?
4. SHarning o'lchamini, ipning cho'zilishi va vaznini e'tiborga olmaslik qanday hatoliklarga olib keladi?

№2 FIZIK MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Fizik mayatnikning xarakat qonunlarini o'rganish. Fizik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlashni o'rganish. Tebranma harakat qonunlarni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, sekundomer.

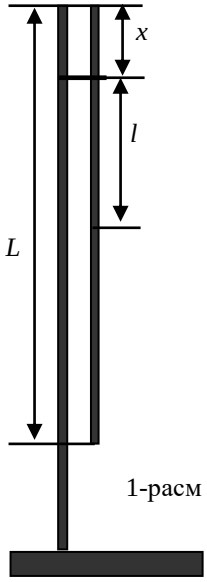
Nazariy qism

Og'irlik markazidan o'tmaydigan qo'zg'almas gorizontal o'q atrofida aylanma yoki tebranma harakat qila oladigan har qanday qattiq jism yoki jismlar sistemasi mayatnik deb ataladi. Aylanish o'qining mayatnikning massalar markazi C dan o'tuvchi vertikal tekislik bilan kesishuvchi A nuqtasiga mayatnikning osilish nuqtasi deyiladi.

Agar fizik mayatnik muvozanat holatidan φ burchakka og'dirilsa, u (1-rasmga asosan)

$$M=mgl\sin\varphi \qquad (1)$$

og'irlik kuchi tashkil etuvchisini momenti ta'sirida o'zining avvalgi holatiga qaytishiga intiladi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan jism muvozanat holatidan o'tgach, avval qanday burchakka og'dirilgan bo'lsa, deyarli shunday burchakka og'adi. Ishqalanish kuchlari bo'lmaganda bunday harakat takrorlanaverardi, ya'ni u tebranma harakat qiladi. Fizik mayatnik kichik burchaklarga og'ib, tebranganda uning tebranishlari garmonik bo'ladi. Quyida haqiqatdan ham shunday bo'lishini ko'rib o'tamiz.



1-расм

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni

$$M = I\beta = I\frac{d^2\varphi}{dt^2} \qquad (2)$$

ni fizik mayatnik uchun (1) ni e'tiborga olgan holda quyidagi ko'rinishda yozib olamiz

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{mgl}{I}\sin\varphi. \qquad (3)$$

Bu ifodalarda β-mayatnik harakatining burchak tezlanishi, I-uning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, l-massalar markazidan osilish nuqtasigacha bo'lgan masofa, manfiy ishora esa kuch momenti bilan burchak siljishining yo'nalishi doimo bir-biriga qarama-qarshi ekanini bildiradi.

Maksimal og'ish burchagi yetarlicha kichik bo'lganda $sin\varphi \approx \varphi$ munosabat o'rinli bo'ladi. U holda fizik mayatnikning kichik tebranishlari uchun (3) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{mgl}{I}\varphi = 0 \qquad (4)$$

Bu differentsial tenglama doiraviy (tsiklik)chastotasi

$$\omega = \sqrt{\frac{mgl}{I}} \qquad (5)$$

bo'lgan harakatni ifodalaydi va uning yechimi:

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \qquad (6)$$

ko'rinishda bo'ladi. (6) dagi φ_0 - amplitudali og'ish burchagi, α_0 - esa boshlang'ich faza.

SHunday qilib, (4) tenglamalarning yechimi fizik mayatnikning kichik tebranishlarida uning harakati sinus (yoki kosinus) qonuni bo'yicha ro'y berishini ko'rsatadi. Bunday tebranishlar esa garmonik tebranishlar deb ataladi. TSiklik chastota bilan tebranishlar davri orasidagi bog'lanish

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \tag{7}$$

Ekanligini hisobga olsak, (5) dan fizik mayatnikning tebranish davri uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \tag{8}$$

$$g = \frac{4\pi^2 I}{mlT^2} \tag{9}$$

I/ml - ifodaning o'lchamliligi uzunlik o'lchamligi bilan bir xildir. SHuning uchun uni l_0 uzunlik bilan almashtirish mumkin. U holda (8) ni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_0}{g}} \tag{10}$$

Ko'rinib turibdiki, bu ifoda matematik mayatnik tebranish davri ifodasining huddi o'zidir. SHuning uchun bu erda l_0 fizikaviy mayatnikning keltirilgan uzunligi deyiladi. (10) ifodadan fizik mayatnikning kelitirilgan uzunligi son qiymat jihatidan tebranish davri berilgan fizik mayatnikning tebranish davriga teng bo'lgan matematik mayatnikning uzunligiga teng ekanligi kelib chiqadi. Sterjenning tebranish o'qiga nisbatan inertsiya momenti SHteyner teoremasiga ko'ra quyidagicha yoziladi: $I = I_0 + ml^2$

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Bu ishda qo'llanadigan qurilma, fizik mayatnik bir jinsli po'lat sterjendan iborat bo'lib, sirtiga oralig'i 1 sm dan bo'lgan chiziqlar chizilgan. Sterjenning tayanchga

o’rnatilgan nuqtasi mayatnikning aylanish o’qi bo’lib xizmat qiladi. SHu qurilmadan foydalangan holda ekspremental yo’l bilan mayatnikning tebranish davri T bilan g orasidagi bog’lanish topiladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Mayatnik tayanchga o’rnatiladi va mayatnikni uchidan tayanchgacha bo’lgan masofa L yozib olinadi (1-rasmga qarang). Agar mayatnikning uzunligi (l) ga teng bo’lsa, u vaqtda tayanchdan mayatnik qirrasigacha bo’lgan masofa quyidagicha aniqlanadi:

$$l = \frac{L}{2} - x$$

2. Mayatnik tebranma harakatga keltirilib 25 ta tebranish uchun ketgan vaqt T o’lchanadi. Bunda maksimal og’ish burchagi (10^0-12^0) atrofida.

1-jadval

№	x	l	25 ta tebranish uchun ketgan vaqt			T_i	T_i^2
			t_{1i}	t_{2i}	$\bar{t}_i$		
1 2 3							

3. O’lchash natijalari quyidagi ko’rinishdagi jadvalga yoziladi.

4. 1- jadval asosida T^2 ning l ga bog’liq grafigi chiziladi. Absissa o’qining chap va o’ng tomoniga mos ravishda og’irlik markazidan birinchi va ikkinchi tomonga to’g’ri keluvchi l kattaliklar qo’yiladi (2-rasm).

5. Olingan natijalar 2- jadvalga yoziladi va (10) formula asosida g_i lar aniqlanadi.

2-jadval

№	T_i^2	l_{1i}	l_{2i}	I_i	g_i	Δg_i
1						

2 3						

6. Hisoblab topilgan g_i lar asosida uning o'rtacha arifmetik qiymati va o'rtacha kvadratik hatoligi topiladi.

$$\Delta g_i = g_i \sqrt{\left(\frac{2\Delta\pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_i}{L_i}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta T_i}{T_i}\right)^2}\ ; \qquad \Delta\bar{g} = t_\alpha I\sigma\sqrt{\frac{\Sigma\Delta g_i^{\ 2}}{(k-1)}}$$

bu erda k o'lchashlar soni.

7. Oxirgi natija quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$g = \bar{g} \pm \Delta\bar{g}$$

Nazorat savollari

1. Mayatnik nima? Fizik mayatnik nima?
2. Tebranish davri va chastotani ta'riflang.
3. Fizik mayatnik uchun tebranish davrining og'irlik kuchi tezlanishiga bog'liqligini ko'rsatuvchi ifodani keltirib chiqaring.
4. Gyugens va Gyugens-SHteyner teoremasini isbotlang. Ishqalanish kuchlarining mavjudligi mayatnikning tebranishiga va tebranish davriga qanday ta'sir qiladi?

№3 TEBRANISHLARNING SO'NISHIDAN QATTIQ JISMLAR ORASIDAGI DUMALANISH ISHQALANISH KOEFFITSIENTINI MAKSVELL MAYATNIGI YORDAMIDA ANIQLASH

Ishning maqsadi: Maksvell mayatnigi qurilmasi bilan tanishish. Maksvell mayatnigi harakat qonunlarini o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan

ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

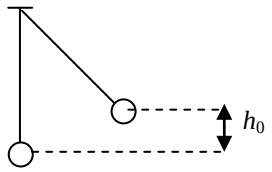
Kerakli asbob va materiallar: Botiq sferik sirt, turli diametrdagi sharchalar, lineyka, shtangensirkul, sekundomer.

Nazariy qism

Tebranma harakat qonunlarini turli tebranuvchi sistemalar yordamida o'rganish mumkin. Matematik mayatnik yordamida erkin va bog'langan tebranishlarni o'rganish ancha qulay. So'nuvchi tebranishlarni Maksvell va Lebedev mayatniklari yordamida o'rganish mumkin. Ushbu ishda so'nuvchi tebranma harakat qonunlari Maksvell mayatnigi yordamida o'rganiladi. Maksvell mayatnigi *R* radiusi botiq tsilindrsimon yoki sferik sirt bo'ylab tebranma harakat qiluvchi radiusi *r* bo'lgan shardan iborat bo'lgan sistemadir.

Matematik mayatnikning tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (1)$$



formula bo'yicha aniqlanadi.

Muvozanat holatidan biror α burchakka og'dirilgan mayatnikning potentsial energiyasi

$$E_p = Ph_0 \quad yoki \quad E_p = mgl(1-\cos\alpha) \qquad (2)$$

ga teng.

Mayatnik muvozanat vaziyatiga etib kelganda, uning energiyasi faqat kinetik energiyadan iborat bo'ladi:

$$E_k = mv^2/2 \qquad (3)$$

Bu erda *m*-sharning massasi, *v*-chiziqli tezligi. Agar ishqalanishni hisobga olmasak (2) va (3) ni tenglashtirib, (1) formulani keltirib chiqaramiz.

Demak, matematik mayatnik misolida potentsial va kinetik energiyalar davriy ravishda bir-biriga aylanib turadi: muvozanat vaziyatida kinetik energiya eng katta

qiymatga ega bo'lsa, mayatnik eng chetki nuqtaga og'ganda potensial energiya maksimal qiymatga ega bo'ladi.

Maksvell mayatnigida esa manzara bir oz boshqacharoq bo'ladi. SHarcha eng chetki vaziyatga kelganda potensial energiya eng katta bo'ladi. Muvozanat vaziyatda esa uning potensial energiyasi nolga teng, lekin uning kinetik energiyasi ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalarining yig'indisidan iborat bo'ladi.

SHarcha muvozanat holatidan α_0 burchakka og'gandagi potentsial energiyasi:

$$E_0=P\ h_0 =P(R-r)(1-\cos\alpha) \qquad (4)$$

ga teng. Bu erda h_0 –tsilindr og'irlik markazi vaziyatining o'zgarishi, *P*-uning og'irligi. TSilindr bir marta to'liq tebranganda keyingi hol uchun

$$E_1=P\ h_0 =mgl(1-\cos\alpha_1) \qquad (5)$$

Bu erda α_1-bir marta to'la tebranish tsilindrning muvozanat holatidan og'ish burchagi. Bu holda potensial energiyaning o'zgarishi $\alpha \leq 0.1$ radian bo'lgan hol uchun

$$\Delta E = 0.5(R-r)(\alpha_0^2 - \alpha_1^2) \qquad (6)$$

Agar havoning qarshiligini hisobga olmasak, u holda energiyaning o'zgarishi dumalanish ishqalanish kuchlariga qarshi bajarilgan ishga teng:

$$\Delta A = \int_0^{\alpha_0} \mu P \cos\alpha d\alpha = \mu P \sin\alpha_0 \approx \mu P \alpha_0 \qquad (7)$$

va bir marta to'la tebranishda bajarilgan ish

$$\Delta A = \mu P(\alpha_0 + \alpha_{1/2} + \alpha_{1/2} + \alpha_1) \qquad (8)$$

Bu erda $\alpha_{1/2}$ –bitta yarim tebranishdagi sharchani mavozanat vaziyatidan og'ish burchagi, μ-dumalanish ishqalanish koeffitsienti, μP-dumalanish ishqalanish kuchining momenti.

Agar bitta yarim tebranishdagi sharchani mavozanat vaziyatidan og'ish burchagining o'zgarishi $\Delta\alpha$ - ga teng demak, u holda $\alpha_{1/2} = \alpha_0 + \Delta\alpha$ va $\alpha_1 = \alpha_{1/2} + \Delta\alpha$ boladi. Bu tenglikdan foydalanib, bajarilgan ish formulasi (8) ni soddalashtiramiz:

$$\Delta A = \mu P(\alpha_0 + \alpha_1) \qquad (9)$$

Potentsial energiyaning o'zgarishi ΔE bajargan ishga teng ekanligini hisobga olsak, va bundan

$$\mu = (R - r)(\alpha_0 - \alpha_1)/4 \qquad (10)$$

bo'ladi. N marta to'la tebrangandan keyingi hol uchun

$$\mu = (R - r)(\alpha_0 - \alpha_N)/(4N) \qquad (11)$$

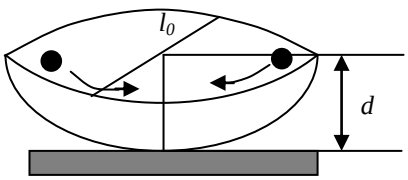
ga teng bo'ladi.

Agar tebranish amplitudalari $S_0 = \alpha_0 R$ va $S_N = \alpha_N R$ o'lchansa, u holda

$$\mu = (R - r)(S_0 - S_N)/(4NR) \qquad (12)$$

bo'ladi.

SHuni ta'kidlash joizki ushbu formula dumalanish ishqalanish koeffitsientini tezlikka bog'liq emas deb faraz qilib keltirib chiqarildi.



1-расм

Ma'lumki, ko'pchilik hollarda murakkab sistemalarning tebranish davri Kyonig teoremasidan foydalanib aniqlanadi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(1 + \frac{J}{mr^2})(R - r)}{g}} \qquad (13)$$

Bu erda *I*-tebranma harakat qilayotgan jismning inertsiya, momenti, *m*-uning massasi, *r*-uning radiusi, *g*-erkin tushish tezlanishi, *R*-botiq sferik sirtning egrilik radiusi. Bizning misolda tebranma harakat qilayotgan shar uchun $I=2mr^2/5$ bo'lganidan

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{7(R - r)}{5g}} \qquad (14)$$

olish mumkin. Bu ishqalanishni hisobga olmagan hol uchun botiq tsilindrsimon yoki sferik sirt bo'ylab tebranma harakat qilayotgan shar tebranish davrini topish formulasidir. Sferik sirtning egrilik radiusini

$$R = (l_0^2 + 2d^2)/4d \qquad (15)$$

formuladan foydalanib topamiz.

Ishni bajarish tartibi

1. CHizg'ich, shtangentsirkul yordamida S_0, l_0, d lar o'lchanadi (1-rasm).

2. Sferik sirtlarning egrilik radiusi R (15) formula yordamida hisoblanadi.
3. SHarlarning radiuslari r ham aniqlanadi va jadvalga kiritiladi.

1-jadval

№	R	r	S_0	S_N	μ	$\mu_{o'rt}$	$\Delta\mu$	$\Delta\mu_{o'rt}$	$\frac{\Delta\mu_{ypm}}{\mu_{ypm}}100\%$

5. Tebranma harakat kilayotgan sharning 3 chi yoki 4 chi amplitudasi S_N uchun qabul qilinadi.
6. Bu kattaliklar jadvalga kiritilgach dumalanish ishqalanish koeffitsienti μ (12) formuladan hisoblanadi.
7. Har bir sharcha uchun o'lchashlar kamida uch marta bajariladi va xatoliklar hisoblab topiladi va jadvalga yoziladi.

Nazorat savollari

1. Matematik mayatnikni ta'riflang?
2. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi?
3. Maksvell mayatnikni turli xillarini ayting?
4. Ishqalanish turlarini ayting?
5. Dumalanish ishqalanishni aniqlash usullarini ayting?
6. Matematik va Maksvel mayatniklari tebranish davrlarini taqqoslang?

№4 ELASTIK TO'QNASHISH UCHUN IMPULSNING SAQLANISH QONUNINI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: Elastik va plastik to'qnashishlarni o'rganish. Elastik va plastik to'qnashishlarda impulsni saqlanish qonunini o'rganish. Impulsni saqlanish qonunini elastik to'qnashishilar uchun tekshirish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, sharlar to'plami, lineyka.

Nazariy qism

Bizga mexanikadan ma'lumki, bir jismga boshqa biror jism ta'sir qilsa va bu ta'sir kuchi bizga ma'lum bo'lsa, jismlarning harakat qonunlarini Nyuton qonunlaridan foydalanib aniqlash mumkin. CHunki, biz ikki jismning to'qnashishini ko'rganimizda ularning bir-biriga elastiklik kuchlari bilan o'zaro ta'sir qilishni bilamiz. Lekin jismga ta'sir etuvchi kuchning qiymatini aniqlash ko'p hollarda ancha qiyin bo'lib, ko'pincha aniqlab ham bo'lmaydi.

Bundan tashkari, ko'p hollarda, bir jismni harakatini emas, balki bir necha jismning harakatini o'rganishga to'g'ri keladi. YA'ni jismlar sistemasi harakatini o'rganiladi. Bunday hollarda masalani echish uchun boshqa fizik kattalik va boshqa qonunlardan foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday qonuniyatlar jumlasiga jismlarning impuls va energiyalarini saqlanish qonuni kiradi. Bu fizik kattaliklar faqat mexanika uchun muhim bo'lib qolmasdan, balki fizikaning boshqa hamma bo'limlari uchun zarurdir.

Ikkita sharning elastik urilishiga impulsning va energiyaning saqlanish qonunini tadbiq etamiz. Faraz qilaylik, massalari m_1 va m_2 bo'lgan sharlarning to'qnashuvidan oldingi tezliklari mos ravishda v_1 va v_2, to'qnashuvdan keyingi tezliklari u_1 va u_2 bo'lsin.

Bu sharlarning absolyut elastik to'qnashuvigacha bo'lgan impulslarini mos ravishda K_1 va K_2 to'qnashuvdan keyingi impulslarini K'_1 va K'_2 deb belgilaylik. Unda impulsning saqlanish qonuniga binoan quyidagi tenglamani yozamiz:

$$K_1 + K_2 = K'_1 + K'_2 \qquad (1)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga asosan esa quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\frac{K_1^2}{2m_1}+\frac{K_2^2}{2m_2}=\frac{K_1'^2}{2m_1}+\frac{K_2'^2}{2m_2} \qquad (2)$$

Faraz qilaylik, ikkinchi shar to'qnashuvga qadar tinch turgan bo'lsin, ya'ni $K_2=0$ bo'lsin. U holda (1) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$K_1= K'_1+K'_2 \qquad (3)$$

Energiyaning saqlanish qonuni $K_2=0$ bo'lgan hol uchun quyidagicha yoziladi:

$$\frac{K_1^2}{2m_1}=\frac{K_1'^2}{2m_1}+\frac{K_2'^2}{2m_2} \qquad (4)$$

(3) formulani ma'lum balanlikdan gorozontal otilgan jism harakatini kuzatish usuli bilan tekshiramiz. H balandlikdan ϑ_1 tezlik bilan otilgan jism harakat tenglamalarini yozamiz: ϑ

$$H=gt^2/2 \qquad (5)$$

$$l=\vartheta_1 t \qquad (6)$$

Bu yerda l-jismning uchish uzoqligi, t uchish vaqti, (5) va (6) dan

$$\vartheta_1=l(g/2H)^{1/2} \qquad (7)$$

Endi bizga jism (shar) massasi ma'lum bo'lsa, K_1 ni hisoblab topamiz va u orqali aylana radiusi r- ni aniqlashimiz mumkin. Buning uchun quyidagi tajriba qurilmasidan foydalanamiz.

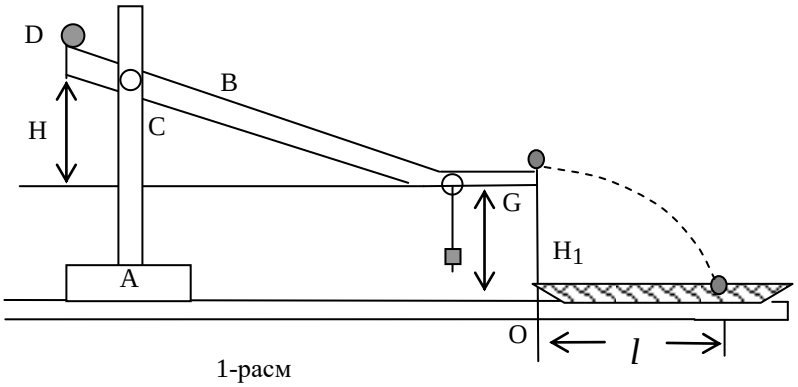
Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

SHtativ A va C vint yordamida ma'lum H balandlikda B qiya novni mahkamlaymiz. C vint yordamida qiya novning qiyaligini o'zgartirish mumkin. Qiya nov oxirida joylashgan G stolchaning ostiga shovun osamiz va u bilan pastda turgan K qumli yashikda koordinata boshi O nuqtani belgilaymiz. Endi qiya nov bo'ylab birinchi sharni qo'yib yuboramiz va uni uchish uzoqligi – l ni aniqlaymiz va bizga H_1 balandlik ma'lum bo'lsa (7) ga asosan v_1 ni hisoblab K_1 ni topamiz. Keyin G stolchaga ikkinchi sharni qo'yib birinchi sharni qiya nov tepasidan qo'yib yuboramiz va sharlar to'qnashib

qumli yashikka tushgan joylarini belgilab ularni o'lchab olamiz. l_1 va H_1 lar hamda l_2 larni bilgan holda v_1 va v_2 larni so'ngra K'_1 va K'_2 larni hisoblagan holda rasmda ko'rsatilgan chizmalarni chizamiz.

Ishni bajarish tartibi

1. Qumli yashikdan koordinata boshi *O* nuqtani belgilaymiz.
2. Qiya nov oxirida joylashgan *G* stolchada turgan sharning H_1 balandligi o'lchanadi.
3. Qiya nov bo'ylab *D* nuqtadan birinchi sharni qo'yib yuborib sharni uchish uzoqligini aniqlaymiz. H_1 va l ni bilgan holda ϑ_1 ni hisoblaymiz va jadvalga yozamiz.



1-расм

4. SHarlar massalari m_1 va m_2 larni tarozida tortish usuli bilan aniqlaymiz.
5. SHarlardan ikkinchisini *G* stolchaning ustiga joylashtirib, birinchi sharni *D* balandligidek qo'yib yuboramiz va ularning uchish uzoqliklari l_1 va l_2 aniqlanadi. So'ngra v_1 va v_2 lar hamda K'_1 va K'_2 lar hisoblanadi. Impuls saqlanish qonunining bajarilish sharti (3) formula orqali tekshirilishi mumkin. Bu holda v_1, u_1 va u_2 larni l, l_1 va l_2 orqali ifodalab amalga oshirish mumkin.

1-jadval

Tajriba tartibi.	l	H	H_1	v_1	l_1	u_1	l_2	u_2	K_1	K'_1	K'_2
1 2 3											

Nazorat savollari.

1. Jismning impulsi nima?

2. Impulsning saqlanish qonunini ta'riflang?

3. Elastik va noelastik to'qnashuv nima?

4. Elastik va noelastik to'qnashishlar uchun energiya saqlanish tenglamalarini yozing va izohlang.

5. Gorizontal biror balandlikdan otilgan jismning harakat tenglamalarini keltirib chikaring.

№5 YUNG MODULINI CHO'ZILISHDAN TOPISH

Ishning maqsadi: Deformatsiya va uning turlari hamda elastik va plastik deformatsiyalar bilan tanishish. Guk qonunini va cho'zilishdan YUng modulini aniqlashni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, chizg'ich, katetometr, mikrometr.

Nazariy qism

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jism shakli yoki hajmining o'zgarishi deformatsiya deb ataladi. Agar deformatsiyani vujudga keltiruvchi kuch ta'siri yo'qolgach, jism o'zini avvalgi shakli va hajmini tiklay olsa, bunday deformatsiya elastik deformatsiya, to'la tiklay olmasa noelastik deformatsiya deyiladi.

Deformatsiyalovchi kuch ta'siri to'xtagach, deformatsiyalangan ismning shakli va o'lchamlarini tiklay olish qobilyati mazkur jismning elastikligi deb ataladi, Elastiklik deformatsiyalanish jarayonida jismning deformatsiyalanishga qarshilik ko'rsatadigan kuchlar vujudga keladi. Mazkur kuchlar elastiklik kuchlari deyiladi.

Elastik kuchlarining vujudga kelishining sababi quyidagicha: deformatsiya jarayonida deformatsiyalanuvchi jism zarralarining orasidagi masofa va ular o'zaro joylashishi o'zgaradi. Buning natijasida jism zarralari orasidagi o'zaro ta'sir

kuchlarining muvozanati buzilib elastiklik kuchlari vujudga keladi. Bu kuchlar zarralarning deformatsiya jarayonidagi avvalgi, dastlabki vaziyatini (konfiguratsiyasini) tiklashga harakat kiladi. Elastiklik kuchlari deformatsiyalanayotgan jismning ichida, uning qismlari orasida vujudga kelib, zarralarning vaziyatini o'zgartirgan tashqi kuchlarga qarshi yo'nalgan bo'lib uni muvozanatlaydi. Bunday deformatsiya statik deformatsiya deyiladi.

Elastik deformatsiyada deformatsiyalanish kattaligi Δx bilan deformatsiya natijasida bujudga kelgan elastiklik kuchlari F_e orasidagi munosabat Guk qonuni bilan aniqlanadi:

$$F_e = -k\Delta x \qquad (1)$$

Bu erda K-elastiklik (bikrlik) koeffitsienti bo'lib, u jismning elastiklik hususiyatlariga va o'lchamlariga bog'liq. Minus ishora esa elastiklik kuchi deformatsiyalangan jism zarralarining siljishiga teskari yo'nalgan ekanligini ko'rsatadi, yohud elastiklik kuchlari deformatsiyalovchi F_t tashqi kuchlarga qarshi yo'nalganligini bildiradi, yani

$$F_e = -F_t \qquad (2)$$

Demak, (1) ifodani

$$F_t = k\Delta x \qquad (3)$$

deb yozishimiz mumkin. Bundan $F_t = k\Delta x$, demak jismning uzunligini bir birlikka o'zgartirish uchun kerak bo'lgan kuchga shu jismni elastiklik koeffitsienti deyiladi.

Faraz qilaylik, uzunligi l_0 va ko'ndalang kesim yuzasi S bo'lgan sim yoki sterjen F_t yuk ta'sirida Δl kadar cho'zilsin. Natijada jism zarralari orasida jismni avvalgi vaziyatiga qaytarishga harakat qiluvchi kuchlar paydo bo'ladi. Bu kuchlar ichki elastik kuchlar deyiladi. Jismni deformatsiyalovchi tashqi kuchlar (F_t) ichki elastik kuchlar (F_e) bilan muvozanatlashadi. Ko'ndalang kesimning yuza birligiga ta'sir qiluvchi kuchga kuchlanish deyiladi:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{F_T}{S} \qquad (4)$$

Jismning o'lchamlari o'zlariga nisbatan necha marta ortganligini yoki kamayganligini ko'rsatuvchi kattalikka nisbiy deformatsiya deb ataladi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \qquad (5)$$

bu yerda $\Delta l = l - l_0$, l-jism deformatsiyalangandan keyingi uzunligi.

Ingliz fizigi Robert Guk deformatsiyalangan jismdagi kuchlanish nisbiy deformatsiyaga proportsional ekanligini topadi:

$$\sigma \sim \frac{\Delta l}{l_0}$$

Demak cho'zilishi yoki siqilish deformatsiyasi bo'layotgan sterjen uchun Guk qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = k\frac{F_T}{S} \qquad (6)$$

Bunda $k=l/E$ bo'lib, bu erda E YUng moduli yoki elastiklik moduli deb ataladi va jismning elastik hossalarini asosiy harakteristikasidir. (6) formuladan quyidagicha yozamiz:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\mathrm{E}} \qquad \text{bunda} \qquad \mathrm{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (7)$$

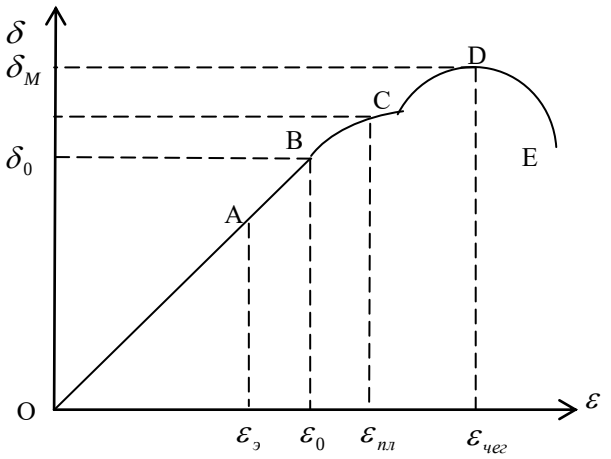
Agar sterjenning chiziqli o'lchamini nisbiy o'zgarishi $\varepsilon = 1$, $\mathrm{E} = \sigma$ bo'ladi.

Demak YUng moduli deformatsiyalanuvchi sterjenning uzunligii ikki marta o'zgartirish uchun zarur bo'lgan kuchlanish kattaligig teng ekan.

YUng modulining birligi – kuchlanish birligi (bosim birligi) bilan bir hil bo'lib Pa yoki N/m^2. SGS da dn/sm^2 va texnikada kG/sm^2 birliklarda o'lchanadi. Tajribaning ko'rsatishicha, elastik deformatsiya har bir jism uchun kuchlanishning ma'lum bir aniq qiymatigacha ro'y beradi. Deformatsiya elastik bo'lib koladigan eng maksimal kuchlanish elastiklik chegarasi deyiladi. Guk qonuni kuchlanishning elastiklik chegarasiga to'g'ri keladigan qiymatidan kichik qiymatlarda o'rinli bo'ladi. YA'ni 1-rasmdan ko'rinib turibdiki, kuchlanish σ bilan nisbiy deformatsiya ε orasidagi bog'lanish ($0 \div \sigma_0$) intervalda chiziqli bo'ladi. Kuchlarning σ_0 dan yuqori qiymatlarida σ bilan ε orasidagi bog'lanish chiziqli bo'lmay, grafik egri chiziqka aylanadi. Bu holda

noelastik, ya’ni plastik deformatsiya kuzatiladi, ya’ni kuchlanish olinganda ham jism o’zining avvalgi o’lchamini (shaklini) tiklamaydi.

Kuchlanish oshirib borilsa, uning qandaydir $\sigma = \sigma_M$ qiymatida jism emirila boshlaydi. Bu kuchlanish kattaligi (σ_M) jismning mustahkamlik chegarasi deyiladi. $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ bog’lanishlarining ko’rinishi turli materiallar uchun turlicha bo’ladi. Sababi, deformatsiya jarayoni deformatsiyalanuvchi jismning tabiatiga, ya’ni uning strukturasiga, zarrachalarning orasidagi ta’sir kuchiga va jismning tarkibiga bog’liqdir. $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ bog’lanishlaridan biri 1-rasmda tasvirlangan.



1-расм

Deformatsiyaning turlari ko’p. Masalan: cho’zilish, siqilish, siljish, egilish, buralish va boshqalar. Barcha turdagi elastik deformatsiyalar quyidagi qonunlarga bo’ysunadi:

1. Elastiklik sohasida deformatsiya tashqi kuch kattaligiga proportsional bo’ladi (ya’ni $\Delta x \sim F_T$ yoki $\varepsilon \sim \sigma$).

2. Elastiklik sohasida tashqi kuchning yo’nalishi o’zgarsa, deformatsiyaning ham yo’nalishi o’zgaradi, ammo absolyut qiymati o’zgarmaydi.

3. Bir necha tashqi kuchlar ta’sir kilgan holda umumiy deformatsiya har bir kuch tasirida vujudga keladigan deformatsiyalar yig’indisiga teng.

Agar tajriba natijasida Δl, l_0, S, G'_T larning qiymatlari ma’lum bo’lsa u holda (6) ga asosan E quyidagicha formula yordamida aniqlanadi:

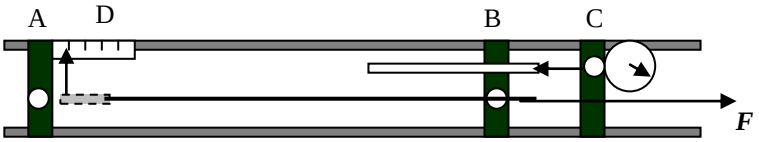
$$E = Rl_0/\Delta lS \qquad (8)$$

Mazkur ishdan maqsad po’lat simning cho’zilishini tekshirish orqali jismning elastiklik modulini aniqlashdan iboratdi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Bu ishda qo'llaniladigan asbob ikkita sterjenga mahkamlangan ikkita *A* va *B* kronshteyndan iborat bo'lib, bu kronshteynlar tekshirilayotgan materialdan yasalgan simni qisib turadi. (2-rasm).

A kronshteyn yonida D arretir bor, undan foydalanib simni cho'zuvchi kuchni qiymatini aniqlash mumkin. Simga kuch qo'yilgandan keyingi uzunligi I indekator (mikrometr) yordamida aniqlanadi. Simning uzunligi l_0 chizg'ich yordamida, AB kronshteynlar oralig'idan vositasida o'lchanadi.



2-расм

Ishni bajarish tartibi

1. Arretir tushib turgan holda simning l_0 uzunligi chizg'ich bilan o'lchanadi. Mikrometr yordamida simning diametri *d* uning bir necha joyida o'lchanib, ularning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

2. Katetometrning ko'rish trubasining simning pastki uchini qisib turuvchi vintning o'rtasiga tog'rilanadi. Ko'rish trubasining okulyarini masshtab to'rining aniq hosil bo'ladigan qilib, fokuslovchi linzani esa ob'ektning aniq tasviri hosil bo'ladigan qilib o'rnatiladi. SHundan so'ng, masshtab to'r bo'yicha birinchi hisob – tekshirilayotgan simning unga kuch qo'yilgan paytdagi pastki uchining vaziyati X_0 aniqlanadi.

3. Simga birin ketin yuklarni osib, yoki cho'zuvchi kuchlarni qo'yib har gal katetometr yordamida simning pastki uchi vaziyati X_{i1} topiladi. SHundan so'ng bu ish teskari tartibda bajariladi, ya'ni simga qo'yilgan kuchni kamaytira boramiz va har gal simning pastki uchi vaziyati X_{i2} ni qayd qilib boramiz. Natijalar jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	l_0	X_0	F_i	X_{i1}	X_{i2}	Δl	E_i	ΔE_i	$E_{o'r}$	$\Delta E_{o'r}$	$l=(\Delta E_{o'r}/E_{o'r})100\%$
1.											

2. 3.											

4. Olingan natijalardan foydalanib, simning har bir F_i kuchga mos kelgan cho'zilish Δl_i topiladi:

$$\Delta l_i = X_i - X_0$$

Bu erda X_i – simga birday kuch ko'ygandagi har ikkala qiymatining o'rtachasi, X_0- simning nol nuqtasiga mos keluvchi vaziyatini o'rtachasi.

5. F ning Δlga bog'lanish grafigi chiziladi va bu bog'lanish chiziqli bog'lanish ekanligi tekshiriladi.

6. (8) formula yordamida YUng modulining simga turli kuch ko'yilgandagi qiymati hisoblab topiladi.

7. E ni o'lchashdagi hatolik differentsiallanish usuli bilan topiladi.

$$\Delta E = E\sqrt{\left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\Delta l_0}{l_0}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{\Delta(\Delta l)}{\Delta l}\right)^2}$$

8. Tajriba natijasi quyidagi ko'rinishda yoziladi: $E=E_{o'r}\pm\Delta E_{o'r}$

Nazorat savollari

1. Deformatsiya nima?
2. Elastik va noelastik deformatsiya nima?
3. Guk qonunini ta'riflang.
4. YUng modulini ta'riflang.
5. Deformatsiyalanuvchi jismda elastiklik kuchlari nima uchun vujudga keladi?
6. Kuchlanishning nisbiy deformatsiyaga bog'lanishini tushuntirib bering?
7. Mustahkamlik chegarasi nima?

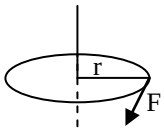
№6 G'ILDIRAKNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Jismlarni inertsiya momenti haqidagi tasavurlarni kengaytirish. Diskning (g'ildirak) inertsiya momentini nazaray usulda va tajribadan aniqlashni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Gorizantal o'qqa o'rnatilgan g'ildirak (disk), o'q gardishiga ip yordamida osiladigan yuklar to'plami, sekundomer, shtangtsirkul, millimetrli va santimetrli lineyka.

Nazariy qism

Qattiq jismni aylanma harakatga keltirish uchun, uning biror nuqtasiga *F* tashqi kuchni shunday ko'yish kerakki, uning ta'sir chizig'i aylanish o'qiga parallel bo'lmasligi va shu o'qdan o'tmagan bo'lishi kerak. Faraz qilaylik tashqi ta'sir etuvchi *F* kuch aylanish o'qiga perpendikulyar bo'lgan tekislikda, aylanish o'qidan r_i masofada qo'yilgan bo'lsin (1-rasm).



Bu holda qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti M shu kuchni kuch elkasi ko'paytmasiga teng bo'lib, ushbu ifoda orqali aniqlanadi:

$$M_i=[\, r_i \;\; F_i] \qquad (1)$$

YOki uning moduli $M=rF\sin\alpha$, bundagi $r\sin\alpha=d$ –kuch elkasi deyiladi. YOhud $M=rF_1$, bu erda $F_1=F\sin\alpha$. Ko'yilgan kuch ta'sirida qattiq jism aylanma harakat qilib, β burchak tezlanish oladi. Ma'lumki, burchak tezlanishining qiymati qattiq jismning shakli, hususiyati bilan aniqlanadigan va aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti deb ataluvchi fizik kattalikka ham bog'liq bo'ladi. Agar qattiq jismning fikran aylanish o'qidan r_i masofada joylashgan massasi dm_i bo'lgan juda ko'p mayda bo'laklarga, ya'ni moddiy nuqtalarga ajratib ko'rsak, ajratib olingan ixtiyoriy nuqtaning aylanish o'qiga

nisbatan inertsiya momenti son qiymati jihatidan nuqta massasi dm_i ning aylanish o'qidan nuqtagacha bo'lgan masofaning kvadrati r_i^2 ko'paytmasiga teng. YA'ni:

$$\Delta I_i = \Delta m_i \, r_i^2 \qquad (2)$$

qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti esa, shu jismni tashkil etuvchi barcha moddiy nuqtalarning inertsiya momentlar yig'indisiga teng. YA'ni:

$$I = \Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \Delta m_i r_i^2 = \sum_{i=1}^{n} m_n r_n^2 \qquad (3)$$

SHunday qilib, jismning inertsiya momenti uning faqat massasigagina bog'liq bo'lmasdan, balki massaning aylanish o'qiga nisbatan taqsimlanishiga (demak nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan joylashishiga) ham bog'liqdir. Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan kuch momenti bilan inertsiya momenti o'zaro quyidagicha munosabat orqali bog'langan:

$$M = Id\omega/dt = I\beta \qquad (4)$$

Bu erda ω-jismning burchak tezligi, $\beta = d\omega/dt$ - uning burchak tezlanishi.

Demak, jismga ta'sir etuvchi kuchning momenti, uning inertsiya momenti bilan burchak tezlanish ko'paytmasiga teng ekan. Ikkinchi tomondan kuch momenti harakat miqdori momentidan (impul's momentidan) vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng.

$$M = dN/dt \qquad (5)$$

Bu erda $dN = Id\omega$ impul's momentining dt vaqt ichida o'zgarishi. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: agar inertsiya momenti o'zgarmas bo'lgan jismda doimiy tashqi kuch yoki kuch momenti qo'yilgan bo'lsa, uning aylanish o'qiga nisbatan harakat miqdori momenti vaqt bo'yicha o'zgarib, jism o'zgarmas burchak tezlanish bilan harakatlanadi.

Jismning og'irlik markazidan o'tgan aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti I_0 – aniq bo'lsa, shu o'qqa parallel bo'lgan ixtiyoriy o'q uchun jismning inertsiya momenti SHteyner teoremasiga asosan

$$I = I_0 + md^2 \qquad (6)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu erda m-jismning massasi, d-jismning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. Bundan tashqari jismning inertsiya momentini,

unga qo'shimcha m_0 yukni, aylanish o'qidan d masofaga ko'yib ham o'zgartirish mumkin. Bu holda jismning inertsiya momenti

$$I=I_0+I_1+m_0d^2 \qquad (7)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Bu erda I_1- ko'shimcha yukning og'irlik markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsiya momenti. Bu ishni bajarishdan asosiy maqsad: dinamikaning asosiy qonunini yuksiz va yukli g'ildirak (disk) uchun tajribada tekshirishdir, hamda diskning inertsiya momentlarini nazariy va tajriba yo'li bilan aniqlab ularni taqqoslash va SHteyner teoremasini tekshirib ko'rishdir.

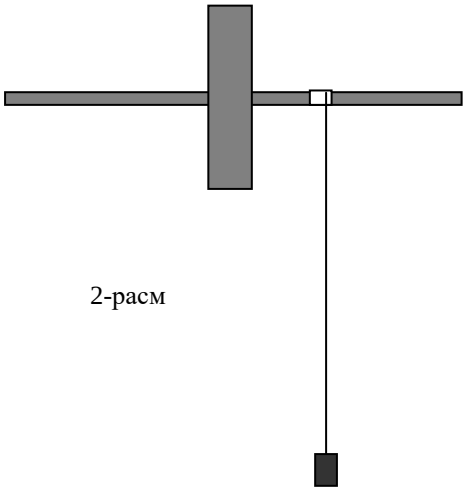
Nazariy usul

Tajribada gorizantal o'qqa o'rnatilgan R katta radiusli kalinligi l ga teng bo'lgan bir jinsli diskning va uni harakatga keltirish uchun ip yordamida yuk osiladigan qo'shimcha r- radiusli va uzunligi l_1 ga teng bo'lgan o'q bilan birgalikdagi inertsiya momentini aniqlash kerak bo'ladi (2-rasm).

$$I=I_1+I_2 \qquad (8)$$

Bu (8) formuladagi inertsiya momentlarining o'rniga massalari va radiuslari orqali qiymatlarni qo'yib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I= m_1 R^2/2 + m_2 r^2/2 \qquad (9)$$



2-расм

Bu formulaga kiruvchi massalarni zichlik ρ va hajm ifodalari orqali yozib, quyidagini hosil kilamiz:

$$I=\frac{1}{2}\pi R^2 l\rho R^2+\frac{1}{2}\pi r^2 l_1\rho r^2=\frac{\pi R^4 l\rho}{2}+\frac{\pi r^4 l_1\rho}{2} \qquad (10)$$

Bu yerda ρ-disk moddasining zichligi, temir uchun ρ=7800 kg/m^3.

SHunday qilib, disk qalinligi va o'qning uzunligini hamda ularni radiuslarni bilgan holda (10) formuladan sistemani inertsiya momenti topiladi. Bundan diskning inertsiya momenti quyidagicha aniqlanadi.

$$I_1= I-I_2 \qquad (11)$$

Dinamik usul

G'ildirak disk ishqalanishni kamaytirish maqsadida podshebniklar yordamida gorizontal o'qqa o'rnatilgan (2-rasm). O'qqa ip orqali *m* massali yuk ilinib, maxsus ochilib yopiladigan supachaga ko'yiladi. Suppachani ochsak, disk ipning taranglik kuchi

$$F=mg-ma \tag{12}$$

ta'siri ostida aylanma harakatga keladi. Bu erda *a*- yukning tushish tezlanishi.

Diskning burchak tezligi ω vaqt bo'yicha ortib,

$$\beta=\omega/t \tag{13}$$

ga teng bo'lgan o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanma harakat qiladi. O'q gardishining chiziqli tezligi

$$\vartheta=\omega r \tag{14}$$

va yukning tushish tezligi

$$\vartheta=at \tag{15}$$

bir-biriga teng bo'lib, yukning tushish tezlanishi

$$a=2h/t^2 \tag{16}$$

ni tushish balandligi va tushish vaqti t ni bilgan holda aniqlasa bo'ladi:

$$\vartheta=at=2h/t \tag{17}$$

Bu (15), (16), (17) formulalardagi *a* tezlanish, *r* radiusli o'q gardishidagi nuqtalarning tangentsial tezlanishiga teng $a=a_t$, yoki

$$a=\beta r \tag{18}$$

Tezlanishning o'rniga (15) formuladagi ifodani qo'yib

$$\beta r=2h/t^2 \quad \text{yoki} \quad \beta=2h/rt^2 \tag{19}$$

formuladan burchak tezlanishini, yukning tushish balandligi *h* va tushish vaqti *t* ni hamda o'q radiusi o'lchab aniqlanadi.

Aylanma harakat dinamikasi asosiy qonunidan burchak tezlanish

$$\beta=M/I \tag{20}$$

bu erda

$$M=M_1-M_2 \tag{21}$$

bo'lib, M_1-ipning o'qqa ko'rsatadigan taranglik kuchi *F* ning momenti

$$M_1=Fr=(mg-m2h/t^2)r \qquad (22)$$

M_2-esa podshebniklardagi ishqalanish kuchlarining momenti bo'lib, M_1 ga qarama-qarshi yo'nalgan.

Ishqalanish kuchlari yukning tushish tezligiga va g'ildirakning burchak tezligiga bog'liq emas deb faraz qilamiz. YUkning ta'sir kuchi to'xtagandan keyin g'ildirak – disk faqat ishqalanish kuchi hisobiga β_1 burchak tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakatlanadi. Bu holda g'ildirakning o'qiga osilgan yukli ipning ikkinchi uchi oqqa bog'lab qo'yilmay ilmoq bilan ilib qo'yiladi, yuk pastga tushgan vaqtda ip o'qdan ajraladi. τ-diskning to'liq to'xtashiga ketgan vaqt deb olsak, u holda

$$M_2=I\beta_1 =I\omega/\tau \qquad (23)$$

Agar yukning polga tushish vaqtidagi burchak tezligi (14) va (17) formulaga asosan

$$\omega=2h/\tau \qquad (24)$$

ga teng bo'lsa, (20) formulani (19), (21), (22), (24) formulalarni hisobga olgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{2h}{t^2 r}=\frac{mgr-m\frac{2h}{t^2}-I_0\frac{2h}{rt\tau}}{I_0} \qquad (25)$$

Bu (25) formuladan g'ildirak – diskning inertsiya momenti uchun quyidagi

$$I_0=\frac{mr^2\left(g-\frac{2h}{t^2}\right)}{2h\left(\frac{1}{t^2}+\frac{1}{t\tau}\right)} \qquad (26)$$

ifodani topamiz. (26) formulaning surat maxrajini $2h$ ga bo'lib, tajribadan diskning inertsiya momentini hisoblashni osonlashtirish uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I_0=\frac{mr^2\left(\frac{g}{2h}-\frac{1}{t^2}\right)}{\frac{1}{t^2}+\frac{1}{t\tau}} \qquad (27)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Millimetrli lineyka bilan diskning radiusi R va qalinligi l ni va o'qning radiusi r va uzunligi l_1 ni besh martadan o'lchab, ularning o'rtacha qiymati olinadi. Olingan natijalar 1- jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	R	l	r	l_1	ΔR_i	Δl_i	Δr_i	Δl_{1i}	$R_{o'r}$	$r_{o'r}$	$l_{o'r}$	$l_{1o'r}$
1. 2. 3.												

2. Santimetrli lineykada yukdan polgacha bo'lgan masofa h bir necha marta o'lchanadi.

3. Disk uchun har-hil masofali m yuklarni ipga osib, ularning har birini harakatlantirib polga urilishgacha vaqti t va diskning to'la to'xtashi uchun ketadigan vaqti τ kamida uch martadan aniqlanadi.

4. (27) formuladan I_0 hisoblanadi.

5. Olingan natijalar quyidagi 2- jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	Yuklar og'irligi $P=mg$	t				τ				I_0
		t_1	t_2	t_3	$\bar{t}$	τ_1	τ_2	τ_3	$\bar{\tau}$	

6. Disk uchun 1 va 2 jadvaldan olingan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini (11) formulaga qo'yib, nazariy yo'l bilan uning inertsiya momenti I hisoblanadi.

7. Disk uchun tajribada o'lchangan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini 2-jadvaldan olib, (27) formuladan, uning inertsiya momenti I_0 hisoblanadi.

8. Inertsiya momentlarini aniqlashdagi absolyut xatolik (11) va (29) hisoblash formulalarini deformatsiyallash metodi bilan topiladi:

$$\Delta I_0 \equiv \bar{I}_0{}' \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{t'}{\tau' + t'}\right)^2 \left(\frac{\Delta \tau'}{\tau'}\right)^2 + \frac{\left[gt'(2\tau' + t') + 2h\right]}{(\tau' + t')^2 (gt'^2 - 2h)^2} + \frac{g^2 t'^2}{(gt' - 2h)^2} \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2} \quad (28)$$

8. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertsiya momentlarini ishonch intervali ($I=I_{o'r}\pm\Delta I_{o'r}$) da o'zaro teng bo'lishi tekshiriladi.

9. Natijaning nisbiy xatoligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I} 100\%$$

Nazorat savollari

1. Burchak tezlanish nima?
2. Aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, kuch momenti, harakat miqdori momenti deganda nima tushuniladi?
3. SHteyner teoremasini yozing va uni isbotlang.
4. Diskka ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi yukning tushish tezligiga qanday bog'langan?
5. Ixtiyoriy geometrik shakldagi jismni inertsiya momenti qanday hisoblanadi?

№7 QATTIQ JISMLARNING AYLANMA HARAKAT QONUNLARINI OBERBEK MAYATNIGIDA TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: Aylanma harakat qonunlarini o'rganish. Inertsiya momenti va sistemaning inertsiya momenti tushunchalarini o'rganish. SHteyner teoremasini tadbiqini o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Oberbek mayatnigi, yuklar to'plami, sekundomer, shtangentsirkul, millimetrli chizg'ich, millimetrli qog'oz.

Nazariy qism

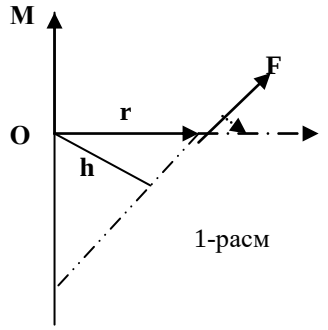
Ma'lumki, ilgarilanma harakat holida jismga ta'sir qiluvchi kuch, jism massasi va shu kuch ta'sirida jism oladigan tezlanishni o'zaro bog'laydigan ifoda Nyuton konunidir:

$$F=ma \qquad (1)$$

Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismni aylanma harakatga keltirish uchun unga biror kuch ta'sir etish kerak. Lekin jism har qanday yo'nalishdagi kuch ta'sirida ham aylanma harakatga kelavermaydi. Tajribalarning ko'rsatishicha, miq dorlari aynan bir hil, lekin yo'nalishlari turlicha bo'lgan kuchlar ta'sirida jismning aylanishi turlicha bo'ladi. Masalan, kuchning ta'sir yo'nalishi aylanish o'qiga parallel yoki aylanish markazidan o'tadigan hollarda jism harakatlanmaydi. Umuman, jismni o'q atrofida harakatini harakterini kuchning o'zi emas, balki kuchning o'qqa nisbatan momenti belgilaydi.

Jismni biror *A* nuqtasiga *F* kuch ta'sir kilayotgan bo'lsin (1-rasm). Bu kuchning shu o'qqa nisbatan momenti *M* deganda *0* nuqtadan kuchning ko'yilish nuqtasiga o'tkazilgan radius vektori *r* bilan *F* kuchning vektor ko'paytmasi tushuniladi:

$$M=[rF] \qquad (2)$$



1-расм

M ning moduli esa

$$M=Fr\sin\alpha=Fh \qquad (3)$$

ifoda yordamida aniqlanishi mumkin. Bundagi *h* kuchning 0 nuqtaga nisbatan elkasi deyiladi. α-*r* va *F* vektorlar orasidagi burchak *M* vektorning yo'nalishi o'ng parma koidasiga asosan topiladi. Agar parma dastasining o'q atrofida *r* vektordan *F* vektorga karab soat strelkasi bo'yicha kichik burchak yo'nalishida burilsa, parmaning yo'nalishi *M* vektorning yo'nalishini ko'rsatadi.

Aylanma harakatda jismning holatini o'q atrofidagi chiziqli tezlanish emas, balki burchak tezlanish β harakterlaydi. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni jismga ta'sir qiluvchi kuch momenti bilan burchak tezlanishni bog'laydi:

$$M=I\beta \qquad (4)$$

Bu ifodaga kirgan I kattalik jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti deyiladi. I kattalikni qiymati jism massasi bilan uning aylanish o'qiga nisbatan qanday taqsimlanganligiga bog'liq bo'lib, uning son qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$I=\Sigma\Delta m_i\, r_i^2 \qquad (5)$$

Agar jism bir necha bo'lakdan iborat bo'lsa, uning inertsiya momenti tarkibiy qismlar inertsiya momentlari yig'indisiga teng bo'ladi. Shteyner teoremasiga ko'ra:

$$I = I_0 + md^2$$

Bu ishni bajarishdan maqsad aylanma harakat dinamikasining qonunini tajribada tekshirishdir.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Oberbek mayatnigi gorizontal o'q atrofida kichik ishqalanish bilan aylanuvchi markaziy tsilindrga mahkamlangan o'zaro tik to'rtta sterjendan iborat (2-rasm)

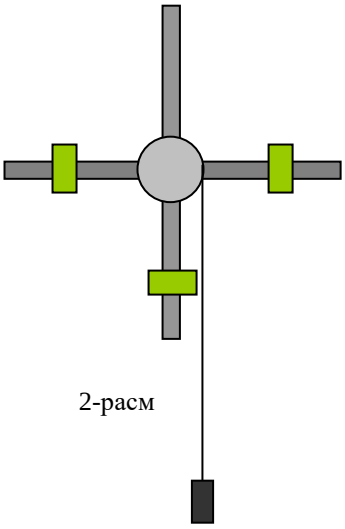
Massalari bir xil bo'lgan to'rtta yuk bu sterjenlarda ko'chib yura oladi va kerakli joyda mahkamlanish mumkin. Mayatnik shkivga bir tekis qilib o'ralgan ip uchiga osilgan yuk yordamida aylanma harakatga keltiriladi. Ushbu qurilma uchun aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni bo'lib quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\beta=(M-M_i)/I \quad \text{yoki} \quad M=I\beta+M_i \qquad (6)$$

$$I=I_0+I_{01}+m_0\, d^2$$

M-sistemani aylantiruvchi tashqi kuchlarning momenti; M_i-ishqalanish kuchi momenti, I_0-yuksiz mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, m_0-serjendagi to'rtta yukning umumiy massasi, I_{01}-sterjendagi yuklarning massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti, d-aylanish o'qidan sterjendagi yuklarning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa. (6) tenglamadan ko'rinib turibdiki sterjendagi yuklarning vaziyati o'zgarmas bo'lsa ($d=const$), M va β orasida chiziqli

bog'lanish mavjud bo'lar ekan. Bizning vazifamiz haqiqatdan ham shunday bog'lanish bormi yoki yo'qligini tekshirishdan iborat.



2-расм

M va *β* kattaliklarni quyidagi mulohazalar asosida aniqlashga harakat qilaylik: Agar *m* yuk osiladigan ipni cho'zilmas deb hisoblasak, yukning tezlanishi shkiv gardishidagi nuqtalarning tangentsial tezlanishiga teng bo'ladi. U vaqtda yukning tushish balandligi *h* ni va tushush vaqti *t* ni bilgan holda chiziqli va burchak tezlanishlarning quyidagi ifodalar yordamida aniqlash mumkin:

$$a=2h/t^2 \tag{7}$$

$$\beta=a/r=2h/rt^2 \tag{8}$$

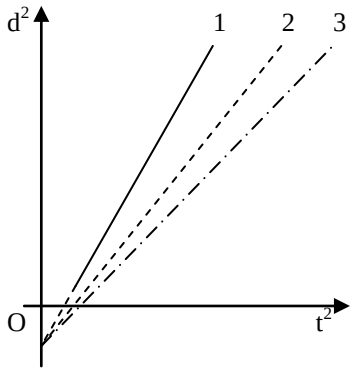
Bu erda *r*-shkiv radiusi. Ipdagi *m* yukga o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan ikki kuch: *mg* ga teng bo'lgan og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchi ta'sir qiladi:

$$ma=mg-F_t \tag{9}$$

$$F_t=m(g-a) \tag{10}$$

Taranglik kuchi shkiv gardishiga ham qo'yilgan bo'ladi. U holda shkivga ta'sir qiluvchi kuch momenti

$$M=F_t r=mr(g-a) \tag{11}$$



(8) va (10) larni hisobga olib hamda *i* yukka mos keluvchi kattaliklarni m_i, t_i, β_i va M_i deb belgilasak, (6) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$m_i r(g-2h/t_i^2)=2Ih/rt_i^2+M_i \tag{12}$$

(12) tenglamada quyidagi belgilashlar kiritaylik

$$I=B,\ M_i=A,\ \beta_i=2h/rt_i^2=X_i$$

$$Y_i= M_i=m_i r[g-2h/t_i^2] \tag{13}$$

U holda (12) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$Y_i=BX_i+A \tag{14}$$

SHunday qilib, agar d ning aniq bir qiymatlari uchun M ning β ga bog'lanish grafiklari chizilsa, burchak koeffitsientlari har hil bo'lgan to'g'ri chiziqlar hosil bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Santimetrli masshtab bilan platformadan polgacha bo'lgan masofa h ni, shtangentsirkul bilan shkiv radiusi r uch marta o'lchab olinadi.

1-jadval

№	m_i	r_i	h_i	t_i	β_i	M_i
1. 2.						

2. Ipga massasi m ga teng yuk osiladi va uning platformadan polga tushish vaqti o'lchanadi. Bu tajriba har bir m kamida uch marta takrorlanishi kerak.

3. Tajribani m ning to'rt hil qiymatlari uchun takrorlanishi kerak. Tajribada olingan natijalar quyidagi ko'rinishdagi jadvalga yoziladi.

4. Tajribalar natijalaridan foydalanib, M_i va β_i larning qiymatlari hisoblanadi:

$$\beta_i=2h/\ t_i^2r; \qquad M_i=m_ir(g-2h/t_i^2r) \tag{15}$$

5. Ordinata o'qiga M_i ni, absissa o'qiga β_i ni ko'yib, millimetrli masshtab kog'ozda M va β orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi.

6. Grafikdan foydalanib, sistemaning inertsiya momenti I aniqlanadi. Inertsiya momenti to'g'ri chiziqning burchak koeffitsientiga teng.

$$I=(M_2-M_1)/(\beta_2-\beta_1) \tag{16}$$

M_i esa grafikda $\beta\rightarrow 0$ hol uchun ektpropoyatsiya metodi yordamida aniqlanadi yoki eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib hisoblanadi.

7. Eng kichik kvadratlar usulidan foydalanib, M ning β ga bog'liqligini ifodalovchi biror to'g'ri chiziq uchun ΔI va ΔM_i hatoliklar hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Kuch momenti va kuch elkasi nima?

2. Harakat mikdor momentining saqlanish qonunini ta’riflang, inertsiya momenti nima?

3. Aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini ta’riflang?

4. SHteyner teoremasini tushuntirib bering.

5. Og’irlik markazi va inertsiya markazi nima?

№8 TRIFILYAR MAYATNIK YORDAMIDA JISMLARNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH. SHTEYNER TEOREMASINI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi: Qattiq jismlarni inertsiya momentini aniqlash ususli bilan tanishish. SHteyner teoremasini o’rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko’nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o’rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Triflyar mayatnik, sekundomer, shtangentsirkul, inertsiya momenti o’lchanadigan jismlar namunasi.

Nazariy qism

Triflyar mayatnik uchta o’zaro simmetrik iplar vositasida biri ikkinchisiga osib qo’yilgan disklardan iborat sistemadir (1-rasm). Pastki disk og’irlik markazidan o’tuvchi vertikal o’q atrofida erkin buralma tebranma harakat qila olish imkoniyatiga ega. Sistemaning tebranish davri diskning unga qo’yilgan yuklar bilan birgalikdagi inertsiya momentiga bog’liq bo’ladi. Bu narsa jismlarning inertsiya momentini aniqlashga va SHteyner teoremasini tekshirishga imkon beradi.

Agar disk muvozanat vaziyatiga nisbatan φ burchakka buralsa u biror balandlikka ko’tariladi va uning potentsial energiyasi mgh ga ortadi. Disk ikkinchi tomonga burilib muvozanat vaziyatga kelganda bu potentsial energiya (agar ishqalanish kuchlari e’tiborga olmaydigan darajada kichik bo’lsa) butunlay sistemaning kinetik energiyasiga aylanadi. YA’ni:

$$I\omega_0^2/2=mgh \qquad (1)$$

Bundagi ω_0 –diskning muvozanat holatidan o'tayotgan paytdagi burchak tezligi, *I*- diskning unga qo'yilgan yuklar bilan birgalikdagi disk markazidan o'tuvchi vertikal o'qqa nisbatan inertsiya momenti.

Agar disk kichik burchakka burilib tebranma harakat qilayotgan bo'lsa, u vaqtda uning tebranishlarini garmonik deb hisoblab istalgan vaqt uchun burilish burchagini quyidagi

$$\varphi = \varphi_0 \sin(2\pi/T)t \qquad (2)$$

Munosabat orqali aniqlash mumkin. Bunda φ_0 –tebranish amplitudasi, T-sistemaning tebranish davri, *t*-vaqt. Diskning burchak tezligi (2) ifodaga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega=d\varphi/dt= (2\pi/T)\varphi_0 \cos 2\pi t/T \qquad (3)$$

Disk muvozanat holatiga mos keluvchi vaziyatdan o'tayotgan paytlarda uning burchak tezligi maksimal bo'ladi va uning qiymati

$$\omega_0=(2\pi/T)\varphi_0 \qquad (4)$$

ifodadan aniqlanadi.

(1) dagi ω_0 kattalik (4) orqali ifodalansa

$$\frac{1}{2}I\left(\frac{2\pi}{T}\varphi_0\right)^2 = mgh \qquad (5)$$

(1) va (5) ifodalarga kirgan *h* va φ_0 larni 2-rasmdan aniqlash mumkin.

$$h = l(1-\cos\alpha),\ \ \varphi_0 r = \alpha l, \qquad (6)$$

Bu yerda *l* osma iplarning uzunliklari, r- disk markazidan iplar bog'langan nuqtalargacha bo'lgan masofa,. α - burchak juda kichkina bo'lgani uchun katta aniqlik bilan

$$\cos\alpha = 1-\frac{\alpha^2}{2} \qquad (7)$$

Deb olish mumkin. U holda (5) va (6) ga asosan:

$$h = l\frac{\alpha^2}{2} = \frac{r^2}{2l}\varphi_0^2 \qquad (8)$$

Agar ushbu ifodani (5) ga qo'ysak,

$$\frac{m\frac{r^2}{l}}{I} = \frac{4\pi^2}{T^2} \qquad (9)$$

Tenglikni olamiz, bunda $\frac{r^2}{l}$ – tizim uchun o'zgarmas kattalikdir, shuning uchun uni "a" harfi bilan belgilab, ya'ni $\frac{r^2}{l} = a$ deb olib

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{mga} \qquad (10)$$

ni hosil qilamiz. Shunday qilib, uch ipli tebrangich davrini o'lchash uning inertsiya momentini aniqlashga imkon beradi.

Qurilmani tuzilishi va ishlashi

Diskning massasi m_0 ga va uning tebranish davri T_0 ga teng bo'lsa u vaqtda (10) formulaga asosan topilgan inertsiya momenti diskning inertsiya momenti I_d ga teng bo'ladi.

Agar disk markaziga massasi m_1 bo'lgan jism qo'yilgandagi massasi $m=m_{0+}m_1$ bo'lib, tebranish davri T_1 ga teng bo'lsa, (10) formulaga asosan topilgan inertsiya momenti disknin

jism bilan birgalikdagi inertsiya momenti $I=I_d+I_j$ ga teng bo'ladi.

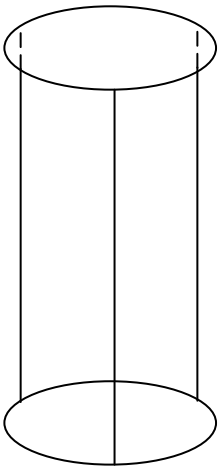
Bundan jismning inertsiya momenti

$$\mathrm{I_j} = I_d\left[\frac{m_0+m_1}{m_0}\cdot\frac{T_j^2}{T_0^2}-1\right] \qquad (11)$$

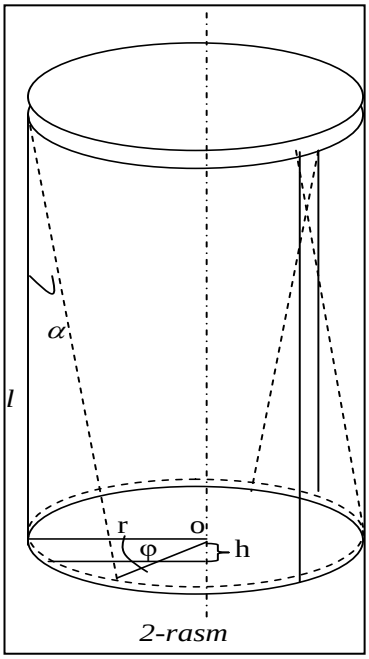
ekanligi kelib chiqadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Inertsiya momenti aniqlanadigan jismlarning massalari m_1 va m_2 tarozida o'lchanadi va o'lchashdagi hatoliklar va Δm_2 aniqlanadi.



1-rasm



2-rasm

Δm_1

1. Bo'sh platformani aylanma harakatga keltirib, uning 100 marta to'liq tebranishga ketgan vaqt kamida uch marta o'lchanadi.

2. SHundan so'ng diskning markazga massasi oldin tortib topilgan jismlardan biri o'rnatiladi va yuqoridagidek o'lchashlar bajarilib (10) formula yordamida sistemaning inertsiya momenti I aniqlanadi, so'ngra I_j topiladi.

3. Birinchi jism ustiga ikkinchi jismni o'rnatib uchinchi punktdagi o'lchashlar bajarilib sistemaning shu holatdagi tebranish davri T_1 va inertsiya momenti I_1 aniqlanadi. Bunda (10) dagi m o'rnida $m_0+m_1=m_2$ massa ekanligi hisobga olinadi.

4. Ikkala jismning disk markaziga nisbatan o'zaro simmetrik holda o'rnatib yuqoridagidek sistemani tebranish davri T_2 va inertsiya momenti I_j topiladi.

1-jadal

M	100 marta tebranish uchun ketgan vaqt			
	t_1	t_2	t_a	t_i
m_0				
m_0+m_1				
m_0+m_2				
$m_0+m_1+m_2$				

5. I_d, I, I_1 va I_2 larni aniqlashdagi kattaliklar quyidagicha ifodadan foydalanib aniqlanishi mumkin:

$$\Delta I = I\,[(\Delta m/m)^2 + (\Delta l/l)^2 + (2\Delta T/T)^2\,]^{1/2} \qquad (13)$$

Bundagi I, m, T lar o'rniga sistemaning yukli va yuksiz holatlariga to'g'ri keluvchi qiymatlari qo'yiladi.

6. I_j, I_d va $(I_2 - I_1)$ larni aniqlashdagi hatoliklar quyidagi ifodalardan foydalanib topiladi:

$$\Delta I_j = [\,(\Delta I_d)^2 + (\Delta I)^2]^{1/2}$$

$$\Delta\,(I_2 - I_1) = [\,(\Delta I_1)^2 + (\Delta I_2)^2\,]^{1/2} \qquad (15)$$

7. $(I_2 - I_1)$ ayirmani nazariy yo'l bilan hisoblashdagi hatolik quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$(I_2 - I_1) = (m_1 + m_2)d^2\left[\sqrt{\left[\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2}\right]^2 + \left[\frac{2\Delta d}{d}\right]^2}\right] \qquad (16)$$

Nazorat savollari

1. Kuch elkasi nima? Kuch momenti nima?
2. Inertsiya momentining fizik ma'nosi.
3. Qanday sharoitda trifilyar mayatnikning burilma tebranishi garmonik tebranish bo'ladi?
4. Bu qurilmada qanday jismlarning inertsiya momentini aniqlash mumkin?
5. Trifilyar mayatnikning po'lat simlari deformatsiyasi uning tebranish davriga qanday ta'sir qiladi?
6. Hisoblash formulasini keltirib chiqaring?

№9 MAKSVELL MAYATNIGI HARAKATINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: Maksvell mayatnigi misolida qattiq jism harakatining qonuniyatlari bilan tanishishdir. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Qurilma, 2 ta sekundomer, masshtabli lineyka.

Nazariy qism

Mayatnik harakati vaqtida iplarning holatini ko'rib chiqaylik. Harakat og'irlik kuchi va iplarning taranglik kuchlari ta'sirida bo'lgani uchun mayatnikning turg'un harakati (chayqalmasdan) iplar faqat vertikal tekislikda joylashganidagina sodir bo'ladi (1-rasm). Agar iplar vertikal tekislikdan chetlashsa taranglik kuchlarining gorizantal tashkil etuvchisi hosil bo'lib, ipni vertikal holatga qaytaradi, ya'ni tebranma harakat sodir bo'lib, uning tebranish davri mayatnik ipining uzunligiga bog'liq bo'ladi.

Bu holda mayatnik yuqoriga ko'tarilayotganda sodir bo'ladi, yani iplar vertikal tekislikdan chiqib ketadi. Boshlang'ich sozlangan holatda iplar vertial tekislikda bo'ladi va shunig uchun mayatnikning pastga tushishi tebranishsiz (chayqalishsiz) o'tadi. Bunda mayatnikning massa markazi ipning osilish nuqtasi ostida bo'ladi.

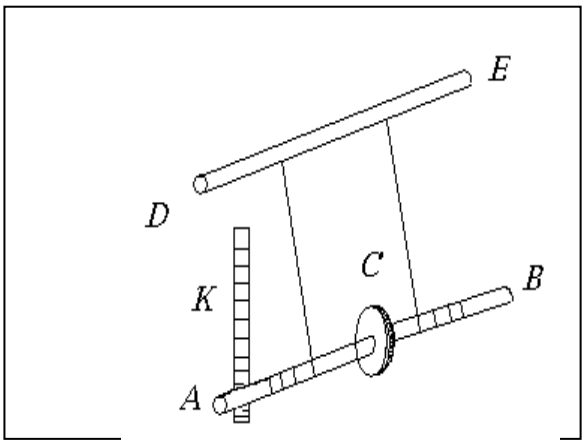
SHunday qilib, mayatnik harakatiga havoning ishqalanish kichi va ipni yuqoriga harakatlanayotgandagi vertikaldan chetlashishishini (bu deyarli kam) hisobga olmasak, Maksvell mayatnigining pastga va yuqoriga qarab qilayotgandagi harakat tenglamasi bir hil bo'lib quyidagiga teng:

$$ma=mg-2T \quad (1)$$

$$I\varepsilon=2rT \quad (2)$$

$$a=r\varepsilon \quad (3)$$

Bu erda m-mayatnik massasi; I-mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti; r- mayatnik sterjenining radiusi; T- bitta ipning taranglik kuchi; g- og'irlik kuchi tezlanishi; ε- mayatnikning burchak tezlanishi. Garchi bu tenglamalar birinchi (I) va uchinchi (III) boskichlarda o'rinli bo'lsa-da, boshlangich shartlar bu bosqichlarda har xildir. Tushayotgan mayatnik massa



1-расм

markazining boshlang'ich tezligi nolga teng, ko'tarilishda esa noldan farqli bo'ladi.

YUqoridagi (1), (2), (3) tenglamalardan

$a=g/(1+I/mr^2)$ (4)

Mayatnik inertsiya momenti $I=kmR^2$ desak ($k=1/2$ – o'lchamsiz kattalik, R-disk radiusi). U holda $I/mr^2=k(R/r)^2$ >>1, chunki $R>>r$ va mayatnik tezlanishi $a<<g$ bo'lib, iplarning tarangligi esa

$2T=m(g-a)$ (5)

ga teng bo'lib, mayatnik og'irligi mg ga yaqinroq bo'ladi. Tekis tezlanuvchan harakatda (1- bosqichda) tezlanish

$a = 2H / h_I^2$ (6)

bo'ladi. Bunda t_1-h_1 masofani bosib o'tish uchun ketgan vaqt. U holda (4) va (6) tenglamalardan tajriba yordamida mayatnik inertsiya momentini aniqlash mumkin:

$$I_N=mr^2(g/a-1)=mr^2(gt_1^2/2h_1-1) \quad (7)$$

Mayatnik massa markazini urilishidan oldingi tezligi esa

$$v_1=at_1=2h_1/t_1 \quad (8)$$

bo'ladi.

Urulishdan so'ng mayatnik ko'tarilayotgan (III-boskichda) u tekis sekinlanuvchan harakat qilib, huddi pastga tushayotgandagi kabi a tezlanishga ega bo'ladi. Ko'tarilishda mayatnik massa markazining harakat tezligi quyidagicha bo'ladi:

$$v=v_2-at \quad (9)$$

Bunda v_2 – mayatnik ko'tarila boshlagandagi tezlik, t- shu harakat boshlagandan keyin o'tgan vaqt. v_2- tezlik aylanayotgan mayatnik harakati traektoriyasining eng past nuqtasida aylanma harakat traektoriyasi tufayli hosil bo'ladi. Bu aylanish natijasida iplar sterjinga qayta o'rala boshlaydi va mayatnik yuqoriga ko'tarila boradi.

Agar mayatnik ko'tarila borib to'xtaguncha ketgan vaqtni t_2 desak ko'tarilishdan oldingi boshlang'ich tezlik

$$v_2=at_2=2h_2/t_2 \quad (10)$$

bo'ladi. Ko'tarilishdagi a tezlanish ko'tarish balandligi h_2 bilan huddi (6) o'xshash bog'langan. YA'ni

$$a=2h_2/t_2^2 \qquad (11)$$

Tushish va ko'tarilishdagi tezlanishlar bir xil bo'lishi kerak, h_2 masofa h_1 masofadan albatta kichik bo'ladi. Bu masofalarni farqi harakatning bir tsikli davomida mexanik energiyaning kamayishini ko'rsatadi. YA'ni

$$\Delta W_{max}=mg(h_1-h_2)$$

umumiy energiyaning kamayishi urilish vaqtida iplarda sodir bo'ladigan noelastik protsesslar hisobiga va mayatnikning havo bilan ishqalanishi natijasida ro'y beradi. Mayatnik havo bilan ishqalanishi kamligidan energiya asosan urilish momentida yo'qoladi, deyish mumkin va bu yo'qolish kinetik energiyani kamayishiga teng. YA'ni

$$\Delta W_{max}=\Delta W_{ur}=W_{k1}-W_{k2}$$

Mayatnik kinetik energiyasi, uning ilgarlanma va aylanma harakat kinetik energiyalarining yig'indisiga, ya'ni

$$W_k=\frac{mw^2}{2}+\frac{Iw^2}{2}=\frac{mv^2}{2}+\frac{Iv^2}{2r^2}=\frac{mv^2}{2}\left(1+\frac{I}{mr^2}\right)w \qquad (12)$$

bo'lib, bunda $\omega=v/r$ – mayatnik burchak tezligi $I/mr^2>>1$ bo'lishi uchun va ilgarlanma harakat bilan bog'langan kinetik energiya ($mv^2/2$) aylanma harakat kinetik energiyasi ($I\omega^2/2$) dan etarlicha kichikligi Maksvell mayatnigi harakatining harakterli (asosiy) belgisidir.

Maksvell mayatnigining yana bir hususiyati urilish vaqtida energiyaning kam yo'qolishidir. YA'ni $\Delta W_{ur}<<W_k$ bo'lib, tiklanish koeffitsienti $k=v_2/v_1$ ni birga yaqin bo'lishidir. SHuning uchun bu sistema yuqoridan-pastga va pastdan-yuqoriga karab ko'p marta, tsiklik ravishda ro'y beruvchi tebranma harakat kiladi.

Endi mayatnik harakatining pastki nuqtasidagi urilish bosqichini ko'raylik. Urilish bosqichida o'zaro ta'sirlashuvchi kuchlar qisqa vaqt ichida keskin o'zgaradi. Bu kuchlar avvaliga oshib boradi so'ng kamayadi. Bu kuchlarning vaqtga bog'liqligi noma'lumligidan harakat tenglamasini aniq ko'rinishda yozish mumkin emas.

Urilish natijasida kuch impulsi bilan mayatnik impulsining o'zgarishi orasidagi munosabatni ifodalovchi formuladan foydalaniladi:

$$s=\int_0^{\Delta t}F(t)dt=\Delta(mv)=m(v_2-v_1) \qquad (1)$$

bunda m-urilayotgan jism massasi, v_1 va v_2 urilishdan oldingi va urilishdan keyingi tezliklar, $F(t)$ – urilish vaqtida jismga ta'sir qiluvchi kuch, Δt- urilish vaqti.

Biz ko'rayotgan hol uchun urilish vaqtida iplar taranglik kuchi $2T$ ning keskin oshishi kuzatiladi. Urilish vaqtida mayatnik tezligining yo'nalishi o'zgargani uchun impuls o'zgarishi $m(v_1+v_2)$ bo'lib, u mayatnikga $F(t) =(2T)_{III}-mg$ kuchning impulsi ta'siri natijasida sodir bo'ladi. Mayatnik pastga va yuqoriga (I va III boskichlar) harakatlangan vaqtida iplarning taranglik kuchi mayatnik og'irligidan kam farq kiladi, ya'ni $(2T)_{I,III}=mg$ va tezlanish $a_{I,III}<<g$ bo'lgani uchun kuch taqriban

$$F(t)=(2T)_{II}-(2T)_{I,III}=\Delta(2T)$$

deyish mumkin. SHunay qilib, urilish vaqtida mayatnikga ta'sir qiluvchi kuch impulsi

$$S = m(v_1 + v_2) = F_{ўр}\Delta t = \int_0^{\Delta t} \Delta(2T)dt \qquad (14)$$

ko'rinish ifodalanadi. Urilish vaqtiga mayatnik burchak tezligi deyarli o'zgarmagani uchun (energiya yo'qotish kam). SHu vaqtda mayatnik o'rtacha $\omega_{o'r}$ burchak tezlik bilan xarakterlanadi deyish mumkin. YA'ni

$$\omega_{o'r} =(\omega_1+\omega_2)/2=(v_1=v_2)/2r \qquad (15)$$

bo'lib, u holda urilish vaqti

$$\Delta t=\pi/\omega_{o'r} =2\pi r/v_1-v_2 \qquad (16)$$

bo'ladi va (14) va (16) lardan kuchning o'rtacha qiymati esa

$$F_{ўр} = \frac{m(v_1 \cdot v_2)}{\Delta t} = \frac{m(v_1 + v_2)^2}{2\pi r} \qquad (17)$$

ga teng.

Endi urilish vaqtida mayatnik harakatining soddalashtirilgan manzarasini ko'raylik. Iplar sterjendan to'la bo'shatilganda urilish boshlanadi. Bu vaqtda iplar o'tkazilgan sterjendagi teshik gorizantal holatda bo'lib urilish yarimta aylanishda tamom bo'ladi (yoki yangi o'ralish boshlanishida tamom bo'ladi). Iplarni cho'zilmas desak, taranglik kuchlarini oshishi natijasida ipning ko'shimcha cho'zilishi δh ni sterjen radiusi r dan ancha kichik deb karash mumkin:

$$\delta h<<r \qquad (18)$$

YUqoridagi mulohazalarga asosan mayatnik massa markazi yuqoridan-pastga va pastdan-yuqoriga $h=h_0-r\sin\omega_{o'r}t$ qonun bilan harakat qiladi. Bunda h_0 urilish boshlanishidan oldingi massa markazining vertikal koordinatasi. Vaqt urilish boshlanishidan hisoblanadi. SHuning uchun urilish vaqtida mayatnikga ta'sir qiluvchi kuch

$$F(t)=\Delta(2T)=ma=md^2h/dt^2=m\omega^2_{o'r}\, r\, \sin\omega t \qquad (19)$$

va

$$[\,\Delta(2T)\,]_{max}=m\omega^2_{o'r}\, r=m(v_{1+}v_2)^2/4r=\pi F_{o'r}/2 \qquad (20)$$

ya'ni urilish vaqtida iplar taranglik kuchining maksimal oshishi ta'sir kuchi o'rtacha qiymatidan $\pi/2$ marta katta ekan.

Ip o'ralgan sterjen radiusi ip uzunligidan ancha kichikligi natijasida mayatnik iplari vertikal tekislikdan kam og'adi, ya'ni $\varphi_{max}\leq 2r/h<<1$ bo'lib, taranglik kuchi $2T$ kuchining uncha katta bo'lmagan gorizantal tashkil etuvchisi mayatnik massa markazini shu vaqt ichida vertikal vaziyatdan chitlashishiga yo'l qo'ymaydi. Urilish natijasida iplarning og'ishi oz bo'lsa ham mayatnik o'qining chayqalishiga sabab bo'ladi (II boskich ko'tarilishda).

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Maksivell mayatnigi ingichka simmetrik *AB* metal sterjenga mahkamlangan *S* diskdan iborat. *DE* plankadagi ikkita teshikcha orqali o'tkazilgan mustahkam kapron ip (yoki mahsus ip) sterjen uchlariga bog'langan. Ip bir tekis ketma-ketlikda (o'q uchidan disk tomon) sterjenga o'raladi. Harakatlanayotgan disk o'qining holati va balandligi *K* shkala orqali aniqlanadi.

YUqori holatdan disk bo'shatilsa u og'irlik kuchi ta'sirida pastga karab ilgarlanma va o'z simmetriya o'qi atrofida aylanma harakat qila boshlaydi. Disk harakatlanishining pastki nuqtasiga etganda inertsiya tufayli aylanishda davom etib yuqoriga ko'tarila boshlaydi va ip sterjenga qaytadan o'rala boshlaydi. Ko'tarilish vaqtida disk harakati sekinlashadi, biror balandlikka etganda to'xtaydi va yana pastga qarab harakatlanadi. SHu tariqa inertsiya tufayli disk pastga va yuqoriga qarab mayatnik kabi tebranma harakatga ega bo'lgan harakat kila boshlaydi.

Maksvell mayatnigi harakatining bir tsiklini shartli ravishda uch bosqichga bo'lish mumkin; pastga tushish (I), urilish (II) va yuqoriga ko'tarilish (III). Harakat vaqtida mayatnik o'qi nuqtasining tezlik va tezlanish o'zgarib turadi.

SHunga asosan, mayatnikga ta'sir qiluvchi kuchlar ikkiga bo'linadi: biri tushishi va ko'tarilishidagi uzoq vaqt ta'sir qiluvchi kuch va ikkinchisi urilishdagi qisqa vaqt ta'sir qiluvchi kuchdir. Tushish va ko'tarilishda ta'sir qiluvchi kuch vaqt bo'yicha o'zgarmaydi. "Urilish" vaqtida esa bu kuch keskin oshib, so'ng keskin kamayadi.

Mayatnik tushayotgan vaqtidagi urilishni oddiy sharchaning polga urilishi bilan taqqoslash mumkin emas. SHarchaning polga urilishidagi kinetik energiyasi elastik deformatsiya potentsial energiyasiga to'liq aylanadi. Mayatnik urilayotgan vaqtda esa bu narsa kuzatilmaydi. Urilgandan so'ng aylanma harakat kinetik energiyasi qoladi. Bu energiya urilish oldidan paydo bo'lgan ilgarlanma harakat kinetik energiyasidan ancha kattadir.

Ishni bajarish tartibi

1) Qurilma vertikal holatdaligiga ishonch hosil kilinadi. Mayatnik vertikal bo'yicha harakatlanganida chayqalishga yo'l qo'ymaslik kerak. SHuning uchin ipni o'ralishi sterjen uchidan disk tomon ketma-ketlikda bo'lishi kerak. Agar iplar usma-ust o'raladigan bo'lsa yoki chayqalishlar sodir bo'lsa, o'lchashlarni to'xtatib, qaytadan boshlash kerak.

2) Biror balandlikdan urilishgacha bo'lgan masofa h_1 o'lchanadi. SHu masofadan mayatnik bo'shatilishi bilanoq sekundomer yurgazilib tushish vaqti t_1 o'lchanadi. Mayatnik urilib ko'tarila borishi bilan ikkinchi sekundomer yurgiziladi va ko'tarilishning yuqori nuqtasida to'xtalib, t_2 vaqt o'lchanadi. Sekudomer to'xtalishi bilan birgalikda mayatnik ko'tarilgan balandlik h_2 o'lchanadi (bunda mayatnikni qo'l bilan to'xtatib kolish mumkin).

h_2 ni o'zgarmas saqlagan holda t_1, t_2 va h_2 larni kamida besh martadan o'lchab, ularni o'rtacha qiymatlari hisoblanadi.

3) (6) va (11) ifodalardan foydalanib, mayatnikni tushish chiqishdagi tezlanishi a hisoblanadi va uning o'rtacha qiymati topiladi.

4) (8) va (10) dan mayatnikni urilishdan oldingi va urilishdan keyingi tezliklari va tiklanish koeffitsienti $k=v_2/v_1$ topilib, ularning o'rtacha qiymatlari aniqlanadi.

5) (17) ifodadan mayatnikning inertsiya momenti I topilib, uni aniqlashdagi xatoligi hisoblanadi. So'ngra disk materialini geometrik o'lchovlarini bilgan holda nazariy usul bilan hisoblangan I_N qiymat bilan taqqoslanadi.

6) (16) tenglamadan urilish vaqti Δt hisoblanadi.

7) (20) tenglamadan urilish vaqtidagi ip taranglik kuchining maksimal o'zgarishi $[\Delta(2T)]_{max}$ topilib, mayatnik og'irligi mg bilan taqqoslanadi.

Olingan natijalar 1 va 2 jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	h_1	t_{1i}	h_{2i}	h_2	t_{2i}	a_{itush}	a_{tush}	a_{ichik}	a_{chik}	$a=(a_T+a_{ch})/2$
1 2 3										

2-jadval

№	v_{1i}	$\overline{v_1}$	v_{2i}	$\overline{v_2}$	$K=v_{2i}/v_{1i}$	I_i	I	I_{naz}	Δt_1	$\overline{\Delta t}$	$[\Delta(2T)]_m$
1. 2. 3.											

O'lchash hatoliklri umumiy qonuniyatlar asosida hisoblanib, natijalar quyidagicha

ko'rinishda bo'lishi kerak.

$$a=\bar{a}\pm\Delta a;\quad V_1=\overline{V_1}\pm\Delta\overline{V};\quad V_2=\overline{V_2}\pm\Delta\overline{V};\quad k=\bar{k}\pm\Delta\bar{k};\quad I=\bar{I}\pm\Delta\bar{I}$$

Nazorat savollari

1. Nima uchun mazkur qurilma mayatnik deb ataladi?

2. Inertsiya momenti deb nimaga aytiladi?

3. Dumalanish radiusi nima va uning jismni aylanma harakatdagi roli qanday?

4. Ham aylanma, ham ilgarilanma harakat kilayotgan jismni kinetik energiyasi nimaga teng?

5. Tiklanish koeffitsienti nima va uni ma'nosini ayting?

6. Mayatnik harakati uchun saqlanish qonunini yozing.

7. Mayatnik harakatida gorizontal tebranishlar hosil bo'lishiga qanday sabablar mavjud?

№11 SUYUQLIKDA SUZUVCHI VA CHO'KUVCHI JISMLARNING ZICHLIGINI GIDROSTATIK TORTISH USULI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: Arximed qonunidan foydalanib richagli tarozi yordamida suvda cho'kuvchi va suzuvchi jismlarning zichligini aniqlash. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Richagli taorzi toshlari bilan, suvda cho'kuvchi va suzuvchi jismlar, distillangan suv solingan stakan.

Nazariy qism

To'g'ri geometrik shaklga ega bo'lmagan jismlarning hajmini amalda aniqlash uchun Arximed qonunidan foydalanish mumkin. Bu qonunga binoan, suyuqlikka (yoki gazga) botirilgan jism o'z hajmiga teng hajmda suyuqlik (yoki gaz) ni siqib chiqaradi va shu siqib chiqargan suyuqlik (yoki gaz) og'irligiga teng miqdorda o'z og'irligini yo'qotadi.

Agar suyuqlikning zichligi ρ_c unga botirilgan jismning hajmi V bo'lsa, Arximed qonuniga binoan, ana shu suyuqlikka botirilgan jismning og'irligi $\rho_c Vg$ qiymatga kamayadi, bu erda g- erkin tushish tezlanishi.

Demak, siqib chiqarilgan suyuqlikning massasi $m_c = \rho_c V$ ga , hajmi esa $V = \frac{m_c}{\rho_c}$ ga teng bo'ladi. suyuqlikka botirilgan jismning hajmi bilan siqib chiqarilgan suyuqlikning hajmi tengligidan quyidagini yoza olamiz:

$$\frac{m}{\rho} = \frac{m_c}{\rho_c}\ , \text{ bundan } \rho = \frac{m}{m_c}\rho_c \qquad (1)$$

Real sharoitda o'lchashlar havoda o'tkaziladi. SHuning uchun qattiq jism bilan suyuqlikning havoda o'z og'irliklaridan bir qismini yo'qotishlarini hisobga olib, (1) ifodaga tuzatma kiritish lozim. Agar havoning zichligi ρ_x - bo'lsa, u holda (1) formula quyidagi ko'rinishda yozilishi kerak:

$$\rho = \frac{m + \rho_x V}{m_c + \rho_x V}\rho_c \qquad (2)$$

Bunda siqib chiqarilgan suyuqlik massasining tuzatma kiritilgan ifodasi

$$\rho_c V = m_c + \rho_x V$$

ko'rinishda bo'ladi, bundan suyuqlikka (havoga) botirilgan jism siqib chiqargan suyuqlik (havo) ning hajmi

$$V = \frac{m_c}{\rho_c - \rho_x}$$

ga teng bo'ladi. Hajmning bu qiymatini (2) formulaga keltirib qo'ysak, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz;

$$\rho = \frac{m(\rho_c - \rho_x)}{m_c} + \rho_x \qquad (3)$$

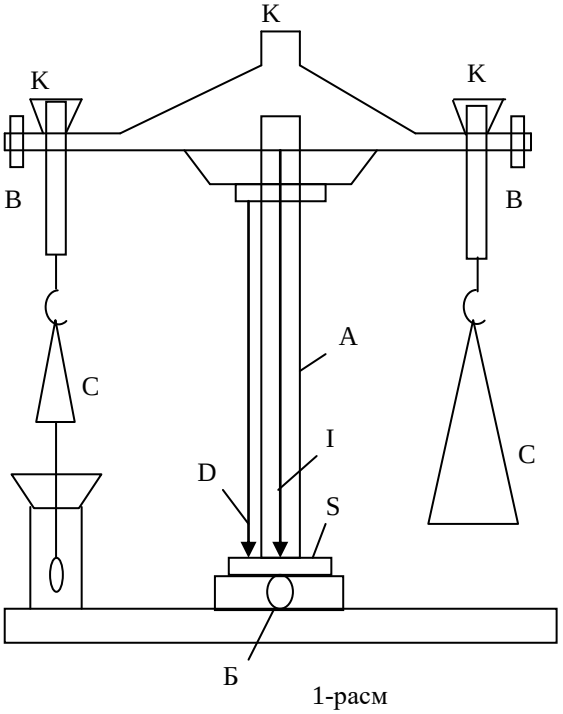
Faraz qilaylik, qattiq jismning suyuqlikda tortib aniqlangan tuyulma massasi m_1 bo'lsin. U holda siqib chiqarilgan suyuqlikning massasi $m_c = m - m_1$ ga teng bo'ladi. Binobarin:

$$\rho = \frac{m(\rho_c - \rho_x)}{m - m_1} + \rho_x \qquad (4)$$

(4) formuladan ko'rinadiki, suyuqlikka cho'kuvchi qattiq jismning zichligini topish uchun uning havodagi m va suyuqlikdagi m_1 tuyulma massalarini o'lchash kifoyadir.

Endi suyuqlikda suzuvchi jismning zichligini qanday aniqlash mumkinligini ko'rib chiqaylik.

Faraz qilaylik, suyuqlikda suzuvchi jismning havodagi tuyulma massasi m_2 bo'lsin. Bu jismni havodagi tuyulma massasi m bo'lgan cho'kuvchi jismga bog'lab, suyuqlikka botirsak, ikkala jismning hajmiga teng hajmli suyuqlik siqib chiqariladi. Agar cho'kuvchi va suzuvchi jismlarning havodagi tuyulma massalari $M_1 = m_1 + m_2$, suyuqlikdagi tuyulma massalari M_2 bo'lsa, u holda ikkala jismning birgalikda siqib chiqargan suyuqlikning massasi $M_1 - M_2$ ga, suzuvchi jismning siqib chiqargan suyuqlikning massasi esa



1-расм

$$m_c = (M_1 - M_2) - (m - m_1) \qquad (5)$$

ga teng bo'ladi, bunda m_1- cho'kuvchi jismning suyuqlikdagi tuyulma massasi, (3) ifodadagi m ning o'rniga m_2 ni, m_c ni o'rniga uning (5) formuladagi qiymatini keltirib qo'ysak, suzuvchi jismning zichligi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz;

$$\rho = \frac{m_2(\rho_c - \rho_x)}{(M_1 - M_2) - (m - m_1)} + \rho_x \qquad (6)$$

Qurilmani tuzilishi va ishlash

Bu ishda jismlarning massasi richagli tarozi yordamida tortib topiladi. Richagli tarozining sxemasi 1- rasmda keltirilgan. Bu tarozi teng elkali va shayin deb ataluvchi B_1B_2 richagdan iborat bo'lib, bu shayin o'zining tekisligiga perpendikulyar (tik) ravishda o'rtasiga qo'yilgan *K* po'lat prizmaning qirrasiga tayanadi. Prizmaning qirrasi *A* ustunchaning ustiga o'rnatilgan silliq plastinka (yostiq) ga tayanadi. SHayinning o'rtasidagi *K* prizmadan barobar uzoqlikdagi uchlarida C_1, C_2 pallalarni osib qo'yish

uchun kerak bo'ladigan moslamalar - K_1 va K_2 prizmalar bor. O'rtadagi va chetki prizmalarning qirralari bir-biriga paralel bo'lishi lozim. Pallalarda yuklar bo'lmaganda shayin gorizontal yoki deyarli gorizontal vaziyatda turishi kerak. SHayinning vaziyati chetki prizmalarni birlashtiruvchi chiziqqa perpendikulyar ravishda shayinning o'rtasiga o'rnatilgan *I* strelka bilan aniqlanadi. Strelkaning uchi *A* ustunchaning pastki qismidagi S shkala oldida harakatlanadi. SHayin gorizontal vaziyatda turganda strelka shkaladagi o'rta chiziq ro'baro'sida turishi kerak.

Tarozi ishlamay turgan vaqtda uni arretirlab qo'yish lozim: tarozi uning ustunchasi ichidagi maxsus moslama vositasida arretirlanadi, bu moslama tarozining pallalarini va shayinni biroz yuqori ko'tarib va ularning prizmalarini bo'shatib, tayanch yuziga bosilib behuda eyilishdan saqlaydi. Tarozini arretirlash yoki tarozi shayinini tushirish kerak bo'lganda, tarozining pastki qismidagi *B* kallak buraladi.

Tarozini ishlatishdan avval uni to'g'ri o'rnatish lozim. To'g'ri o'rnatilgan tarozida *A* ustuncha tik turadi. Ustunchaning tik yoki qiyaligini undagi *D* shoquldan bilish mumkin. SHoqulning uchi bilan tarozi asosiga o'rnatilgan uchlik bir-birining ro'baro'sida turishi kerak. SHoqulni bu vaziyatga tarozining oyoqchalaridagi vintlarini burash bilan keltirish mumkin. Agar tarozining ustunchasi tik vaziyatga keltirilgan bo'lsa, pallalarga yuk qo'yilmaganda tushirilgan shayinning *I* strelkasi S shkalaning o'rta chizig'iga deyarli to'g'ri kelib turadi. Agar shayinning strelkasi shkalaning o'rta chizig'iga to'g'ri kelmay qolsa, ya'ni strelka o'rta chiziqdan 2-3 bo'limdan ortiq og'ib ketsa, u holda tarozini B_1B_2 shayinning ikki uchidagi kichkina jez yuklarni u yoq bu yoqqa burash bilan to'g'rilash mumkin.

Ishni bajarish tartibi

1. Tarozining to'g'ri o'rnatilgan yoki o'rnatilmaganligini tekshiriladi. Agar tarozi noto'g'ri o'rnatilgan bo'lsa, yuqorida ko'rsatilgandek, to'g'ri o'rnatiladi va strelkaning vaziyatini *S* shkaladan belgilab olinadi.
2. CHo'kuvchi va suzuvchi jismlarni ipga bog'lab, tarozi pallasiga 1- rasmda ko'rsatilganidek ilib, ularning havodagi m va m_2 tuyulma massalari 3-4 marta tortib aniqlanadi va o'rtacha qiymatlarni hisoblanadi.

3. So’ng cho’kuvchi jismni pallaga ilinib stakandagi suvga botguncha tushiriladi. Bunda tarozi pallalari muvozanatga keltirilganda jism stakanning tubiga va devoriga tegmagan, jism sirtida havo pufakchalari bo’lmagan holda suvga to’la botib turishi kerak. SHundan so’ng cho’kuvchi jismning suvdagi m_1 tuyulma massasi 3-4 marta tortib aniqlanadi va o’rtacha qiymati hisoblanadi.
4. CHo’kuvchi jismga suzuvchi jismni biriktirib bog’lanadi va pallaga ilinadi. So’ng ularni 3- bandda aytilganidek, stakandagi suvga botirib, ularning suvdagi M_2 tuyulma massalari 3-4 marta tortib aniqlanadi va o’rtacha qiymati hisoblanadi.
5. $M_1 = m + m_2$ cho’kuvchi va suzuvchi jismlarning havodagi tuyulma massasi hisoblab topiladi.
6. Xona haroratini termometrning, atmosfera bosimini barometrning ko’rsatishlaridan aniqlab, suv va havo uchun ρ_c va ρ_x zichliklarining shu sharoitga mos qiymatlari tegishli jadvaldan yozib olinadi.
7. Nixoyat, (4) formulaga asosan cho’kuvchi jismning, (6) formulaga asosan suzuvchi jismning zichligini hisoblab topiladi.

1-jadval

№	m	m_1	ρ_h	ρ_s	ρ	$\rho_{o'r}$	$\Delta\rho$	$\Delta\rho_{o'r}$	ε
1									
2									
3									

2-jadval

№	m	m_1	m_2	M_1	M_2	ρ_h	ρ_s	ρ	$\rho_{o'r}$	$\Delta\rho$	$\Delta\rho_{o'r}$	ε
1												
2												
3												

8. Tajriba yo’li bilan aniqlangan zichliklarning qiymatini jadvalda berilgan zichliklar qiymati bilan taqqoslab, cho’kuvchi va suzuvchi jismlarning moddasi aniqlanadi.

9. Massalarni o'lchashdagi absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblab topiladi va cho'kuvchi jismlar uchun 1-jadvalni suzuvchi jismlar uchun 2-jadvalni to'ldiriladi.

Nazorat savollari

1. Arximed qonunini ayting.
2. Arxmed kuchi ifodasini tushuntiring.
3. Jismlarni suzish va cho'qish shartlarini ayting.
4. Zichlik deb nimaga aytiladi?
5. Solishtirma og'irlikdeganda nimani tushunasiz

№13 QATTIQ JISMLARNING YUNG MODULINI ANIQLASH

Tashqi kuchlar ta'sirida qattiq jism zarralarining nisbiy joylashuvidagi har qanday o'zgarish jismning chiziqli o'lchamlarini va shaklini o'zgartiradi, ya'ni jism deformatsiyalanadi. Tashqi kuchlar ta'siri to'xtatilgandan so'ng deformatsiyalangan qattiq jism o'zining avvalgi holatini tiklay olsa, bunday deformatsiya elastik deformatsiya va jism avvalgi xolatini tiklay olmasa, bunday deformatsiya plastik deformatsiya deyiladi. Plastik deformatsiyalangan jismda hamma vaqt qoldiq deformatsiya bo'ladi. Qoldiq deformatsiyaning boshlang'ich izi paydo bo'la boshlagan chog'da elastiklik chegarasiga erishilgan bo'ladi.

Qattiq jism deformatsiyasini cho'zilish (yoki siqilish), egilish, siljish va buralish deformatsiyalariga ajratiladi. Barcha turdagi elastik deformatsiyalarda quyidagi qonunlar o'rinli bo'ladi:

1. Deformatsiya kattaligi tashqi kuchning kattaligiga to'g'ri proportsianal bo'ladi.
2. Tashqi kuchning ishorasi o'zgarsa, deformatsiya kattaligining ishorasigina o'zgaradi, ammo absolyut qiymati o'zgarmaydi.
3. Bir qancha tashqi kuchlar ta'sir qilgandagi umumiy deformatsiya har bir kuchning ta'sirida vujudga keladigan deformatsiyalarning yig'indisiga teng bo'ladi.

Bu laboratoriya ishida cho'zilish, egilish va burilish deformatsiyalaridan foydalanib, maxsus qurilmalar vositasida qattiq jismlarning YUng moduli aniqlanadi.

1-mashq. YUng modulini cho'zilishdan aniqlash.

Ishning maqsadi: Maxsus eksperimental qurilma vositasida YUng modulini simning cho'zilishdan aniqlash. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar. Eksperimental qurilma, o'lchash indikatori, 0,5; 1,0; 1,5 va 2,0 kg massali yuklar.

Nazariy qism

Guk qonuni va ko'pgina tajriba natijalaridan elastik deformatsiya sohasida σ kuchlanish ε nisbiy deformatsiya kattaligiga to'g'ri proportsionalligi ma'lum, ya'ni

$$\sigma = E\varepsilon \tag{1}$$

bunda E – moddaning YUng yoki unga teskari bo'lgan kattalik elastiklik moduli $\alpha = 1/E$ deyiladi.

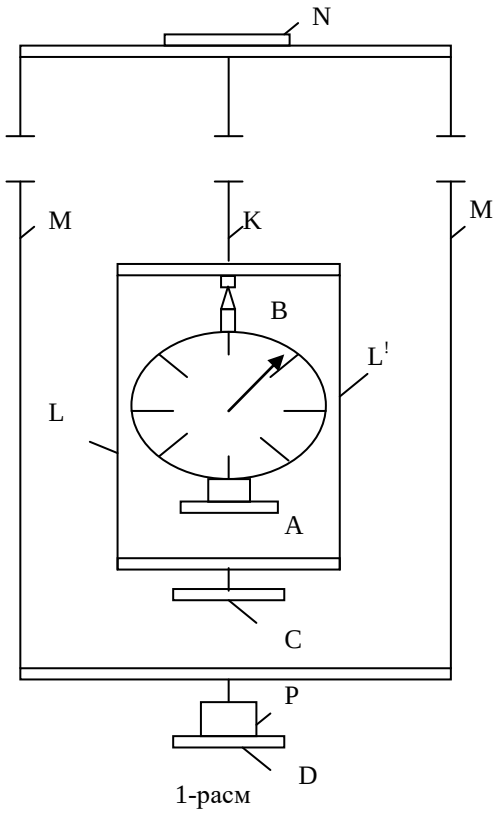
TSilindr shaklidagi simning cho'zilishi yoki siqilishi uchun (1) munosabatdagi kattaliklar qo'yidagicha ifodalanadi: $\sigma = \frac{F}{S}$ kuchlanish, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ - nisbiy deformatsiya, E– shu moddaning YUng moduli, bu erda F- deformatsiyalovchi kuch, S – simning ko'ndalang kesim yuzi, l_0 - simning boshlag'ich uzunligi, $\Delta l = l - l_0$- sim uzunligining o'zgarishi (absolyut deformatsiya) deformatsiyalovchi F kuchni va simning unga mos Δl uzayishini tajribada o'lchab,

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F \cdot l_0}{S\Delta l} \tag{2}$$

Formula yordamida YUng modulini hisoblash mumkin.

Bu maqsadda tuzilishi 1- rasmda keltirilgan qurilmadan foydalaniladi.

YUqoridagi *N* kronshteynga moddasining elastiklik moduli aniqlanadigan kalibrlangan *K* simning bir uchi mahkamlangan. SHu kronshteynga *M* iplar orqali *R* yuklar qo'yiladigan *D* platforma ilingan nuqta simning ikkinchi uchiga *LL'* iplar orqali ustiga yuklar qo'yish mumkin bo'lgan *S* platforma ilingan. *D* platformadagi yuklarni *S* platformaga olib qo'yilsa ham *N* kronshteynning deformatsiyalanishi tekshirilayotgan simning uzayishini o'lchashda xatoga olib kelmaydi. *A* kronshteynga o'rnatilgan *V* uzayish indikatori yordamida simning yuk ta'sirida uzayish kattaligi o'lchanadi.



1-расм

Simni deformatsiyalovchi *F* kuch *S* platformaga qo'yilgan *P* yukning og'irligiga teng, ya'ni $F = P = mg$. Agar simning diametri *d* ma'lum bo'lsa, uning ko'ndalang kesim yuzi $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ga teng bo'ladi. Binobarin, (2) formulani quyidagicha o'zgartirib yozish mumkin:

$$E = \frac{4mgl_0}{\pi d^2 \Delta l} \qquad (3)$$

Ishni bajarish tartibi

1. *D* platformaga har birining massasi 0,5 kg dan bo'lgan 2 kg massali yuk qo'yiladi.
2. *B* uzayish indikatorining tashqi halqasini burab strelka shkalaning nol bo'limiga keltiriladi.

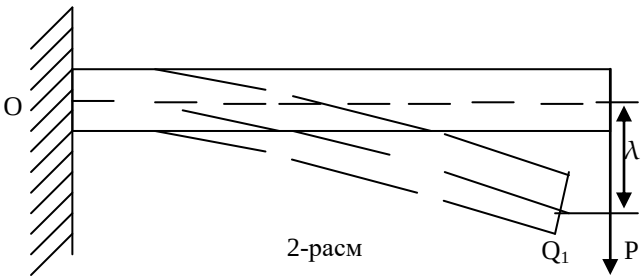
3. *D* platformadan m_1=0,5 kg massali yukni *S* platformaga olib qo'yiladi va indikatorning ko'rsatishidan simning Δl_1 uzayishi 1-jadvalga yozib olinadi.
4. So'ng har safar D platformadan 0,5 kg massali yuklarni ketma- ket S platformaga olib qo'yib, m_2= 1 kg, m_3= 1,5kg, m_4= 2kg massali yuklar uchun Δl_2, Δl_3 va Δl_4 ning qiymati yozib olinadi.
5. Simning uzunligi l_0 va diametri *d* o'lchanadi.
6. Har bir yuk uchun YUng moduli (3) formula asosida hisoblanadi.
7. YUng modulining o'rtacha qiymati hamda absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.
8. Fizik kattaliklar jadvaldan foydalanib, sim moddasi aniqlanadi.

1-jadval

№	m	d	l_0	l	Δl	E	$E_{o'r}$	ΔE	$\Delta E_{o'r}$	ε
1 2 3										

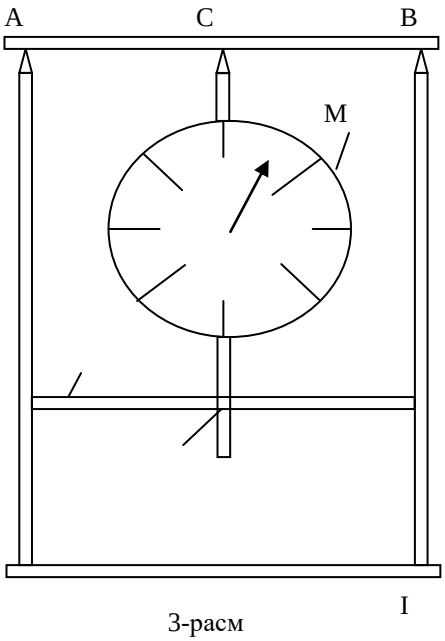
2-mashq. YUng modulini egilishdan aniqlash.

Ishning maqsadi: Maxsus qurilma yordamida turli moddalardan yasalgan to'g'ri to'rtburchak kesimli sterjenlarning yuk ta'sirida egilishini o'lchab, egilish elastiklik modulini aniqlash. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.



2-расм

Kerakli asbob va materiallar: Elastiklik modulini aniqlash uchun qurilma, uzayish indikatori, elastiklik moduli aniqlanuvchi sterjenlar, shtangentsirkul, 1 m uzunlikdagi masshtabli chizg'ich, 2 kg gacha bo'lgan har xil massali yuklar.



3-расм

Nazariy qism

Bu mashqda po'lat, alyuminiy va yog'ochdan yasalgan sterjenlardan foydalanib, shu moddalarning elastiklik modulini tajribada aniqlanadi. Agar to'g'ri elastik sterjening bir uchini devorga qattiq mahkamlab, uning ikkinchi uchiga *P* yuk qo'yilsa, u holda sterjenning yuk qo'yilgan uchi pasayadi, ya'ni sterjen egiladi (2- rasm). Ravshanki, bu holda sterjenning ustki qatlamlari cho'ziladi, ostki qatlamlari siqiladi, neytral qatlam deb taluvchi o'rtadagi biror (OO_1) qatlamning uzunligi esa o'zgarmaydi, u faqat salgina egiladi. Sterjen erkin uchining siljishi λ egilish strelasi deyiladi. YUk qancha katta bo'lsa, egilish strelasi ham shuncha katta bo'ladi, bundan tashqari egilish sterjening shakli va o'lchamlariga hamda uning elastiklik moduliga bog'liq bo'ladi. Hisoblashlarning ko'rsatishicha, ikkala uchi qattiq tayanchlar ustiga erkin qo'yilgan to'g'ri to'rtburchak kesimli sterjenning elastiklik moduli

$$E = \frac{PL^3}{4ab^3\lambda} = \frac{mgL^3}{4ab^3\lambda} \qquad (4)$$

ga teng ekan, bunda $P = mg$ - sterjenning o'rtasiga qo'yilgan yukning og'irligi, *L*- sterjenning tayanchlarga qo'yilgan nuqtalari orasidagi masofa, *b*- sterjening qalinligi, *a*- sterjenning eni.

(4) formulaga kirgan kattaliklarni bevosita tajribada o'lchab, elastiklik modulini hisoblab topish mumkin. Bu maqsadda tuzilishi 3- rasmda keltirilgan qurilmadan foydalanamiz. Qurilma ikki uchida vertikal ustuni bo'lgan SS' massiv taglikdan iborat bo'lib, ustunlarning ustiga qirralarini paralel qilib po'lat prizmalar qo'yilgan.

tekshirilayotgan materialdan yasalgan sterjen ustunlar ustidagi prizmalarga shunday qo'yiladiki, uning o'rtasi *A* va *B* nuqtalar orasidagi masofaning o'rtasiga to'g'ri kelsin. *S* nuqtada sterjening λ egilish strelasi tik ustunlarni birlashtiruvchi *N* gorizontal sterjenga o'rnatilgan *M* uzayish indikatori yordamida o'lchanadi. Indikatorni *K* vintini bo'shatib, tik yo'nalishda siljitish mumkin. Indikatorning strelkasi doiraviy shkala sirtida siljish imkoniga ega. Doiraviy shkaladagi bo'limlarning soni 100 ta bo'lib, har bir bo'limning qiymati 0,01 mm ga teng. Binobarin, sterjen yuk ta'sirida egilganda indikator strelasi shkala bo'yicha bir marta to'la aylansa, λ egilish strelkasi 1 mm ga teng bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Sterjenning *a* enini va *b* qalinligini shtangentsirkul yordamida o'lchanadi.
2. Sterjenni prizmalar ustiga qo'yib, *A* va *B* nuqtalar oralig'i *L* masofani masshtabli chizg'ich yordamida o'lchab olinadi va 2-jadvalga yoziladi.
3. Uzayish indikatorini *K* vint yordamida shunday joylashtiriladiki, uning o'tkir uchi sterjen sirtiga erkin tegib tursin. So'ng indikatorning tashqi halqasini burab, uning strelkasini shkalaning noliga keltiriladi.
4. Sterjenning ustiga 0,5 kg; 1 kg; 1,5 kg; va 2 kg massali yuklar qo'yib, har gal sterjenning λ egilish strelasining kattaligini indikator strelkasining ko'rsatishidan yozib olinadi.
5. So'ngra 4- bandda keltirilgan topshiriqni teskari tartibda bajariladi, ya'ni sterjendagi yuklarni birin – ketin 0,5 kg dan ola borib, bunda ham har gal sterjenning qancha egilganini qayd qilinadi.
6. YUk kattaligi o'zgarishi bilan egilish strelasining o'zgarishini ko'rsatuvchi grafikni chizib, ular orasida chiziqli bog'lanish borligi (Guk qonuning o'rinli ekanligi) ga ishonch hosil qilinadi.
7. Nihoyat, λ egilish strelasini har bir yuk uchun aniqlangan qiymatini va boshqa o'lchab olingan kattaliklarni (4) formulaga qo'yib, sterjen moddasining elastiklik moduli hisoblab topiladi.

8. Elastiklik modulining o’rtacha qiymatini hisoblab, fizik kattaliklar jadvaldan foydalanib, sterjen qanday moddadan yasalganligi aniqlanadi.
9. Tajribada yo’l qo’yilgan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi va 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	m	L	a	b	λ	E	$E_{o'r}$	ΔE	$\Delta E_{o'r}$	ε
1 2 3										

Nazorat savollari

1. Guk qonunini tushuntiring.
2. Deformatsiyaning turlarini ayting.
3. Elastik va plastik deformatsiyalarni qanday farqi bor?
4.Kuchlanish deganda nimani tushunasiz?
5. Nisbiy uzayishning ma’nosi nima? Nisbiy uzayish birga tengligi nimani bildiradi?
6. YUng modulini fizik ma’nosini tushuntiring.

№15 TEBRANISHLARNING SO’NISHIDAN QATTIQ JISMLAR ORASIDAGI DUMALANISH-ISHQALANISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: So’nuvchi tebranma harakat qonunlarini o’rganish. Dumalanish ishqalanish koeffitsienti qiymatini aniqlashni o’rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko’nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o’rganish.

Kerakli asboblar va materiallar: Qurilma, tekshiriluvchi materiallardan yasalgan plastinkalar to’plami.

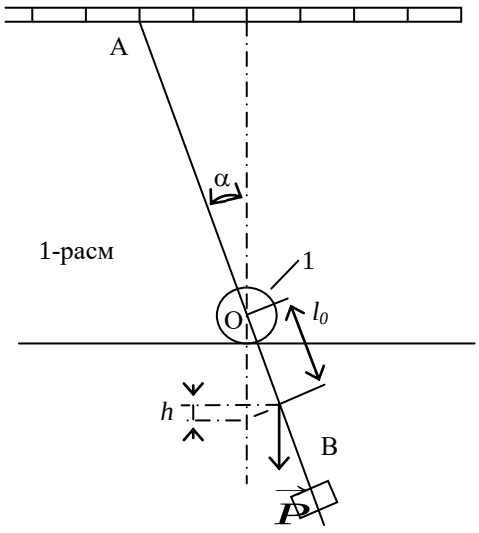
Nazariy qism

Qattik jismlarning suyuqliklarda, gazlarda, yoki boshqa biror jism yuzasi bo'ylab nisbiy harakat qilganda va suyuklik yoki gazning biror qatlami uning boshqa qatlamlariga nisbatan harakat qilganida shu qatlam harakatga to'sqinlik qiluvchi kuchlar vujudga keladi. Bu kuchlar ishqalanish kuchlari deyiladi. Ishqalanish ikki xil: tashqi va ichki bo'ladi. Bir qattiq jismning ikkinchi qattiq jism yuzasi bo'ylab harakati natijasida vujudga keladigan ishqalanish tashqi ishqalanish deyiladi.

Agar ishqalanish ayni bir jismning turli qismlari, masalan tezliklari har xil bo'lgan qatlamlari orasida namoyon bo'lsa, u vaqtda ishqalanish ichki ishqalanish deyiladi. Biroq ichki va tashqi ishqalanishlarga ajratish shartli harakterga ega. Masalan: qattiq jismning suyuklikdagi yoki gazdagi harakatida yuzaga kelayotgan ishqalanish kuchi suyuklik va qattiq jism orasidagi tashqi ishqalanish hisoblanmasdan, balki suyuqlikdagi yoki gazdagi ichki ishqalanish kuchi hisoblanadi. Sababi, tajribalarning ko'rsatishicha suyuqlik va gazning jism sirtida bevosita tegib turgan qatlamlari unga yopishib oladi va jism bilan birgalikda harakatlanadi. Ishqalanish esa jismni o'rab olgan muhitda uning bir-biriga tegib turgan turli qatlamlari orasida yuzaga keladi.

Bir-biriga tegib turgan ikki qattiq jism sirtlari orasida suyuklik yoki gaz qatlami bo'lgandagi ishqalanish – ho'l ishqalanish, bo'lmagandagi ishqalanish esa quruq ishqalanish deb ataladi. Ishqalanish jismlarning nisbiy harakati turiga bog'lik holda ishqalanishlar tinch, sirpanish va dumalanish ishqalanishlarga ajratiladi.

Bir jismni ikkinchi jism yuzasi bo'ylab sirpantirish uchun urinishda vujudga keladigan ishqalanish tinch holatdagi ishqalanish yoki tutunish ishqalanish deb ataladi. Tinch holatdagi ishqalanishni mavjudligi quruq ishqalanishning harakterli hususiyatidir. Tinch holatdagi ishqalanish kuchi jismning harakati boshlanish momentida unga ta'sir etuvchi tashqi kuch kiymatiga teng deb qabul qilinadi.



1-расм

Agar jism biror F kuch ta'sirida boshqa bir jism yuzasi bo'ylab tekis sirpanib harakat qilsa, u holda sirpanish ishqalanish kuchi $F_{ish}=\mu P_N$ ga teng.

Bu erda μ-ishqalanish koeffitsienti va P_N - bir jismning ikkinchisiga ta'sir qilayotgan normal bosim kuchi. Bu konuniyat birinchi bo'lib G. Amonton tomonidan 1699 yilda qayd qilingan va SH. Kulon (1785 yil) tomonidan tajriba yo'li bilan tadqiqot qilib, jismning harakat tezligi uncha katta bo'lmagan hollarda ishqalanish kuchini kattaligi ishqalanuvchi sirt yuzasining kattligiga bog'liq bo'lmay ularning tabiatiga, material turiga bog'liqligi isbot qilingan. Quruq ishqalanishning mavjudligi asosiy sabablaridan biri ishqalanuvchi sirtlarining g'adir-budirligidir. YUzalarni silliqlash ishqalanish kuchini kamaytiradi, lekin ishqalanish kuchi to'la yo'qolmaydi. Bunga sabab, birinchidan, ishqalanuvchi yuzalarni ideal ravishda silliqlash mumkin emasligi bo'lsa, ikkinchidan, ishqalanuvchi jism sirtlaridagi jismlarning atom va molekulalari orasidagi tutinish kuchlarining mavjudligidir.

Dumalanish – ishqalanish koeffitsientlari

YOg'och shar bilan yog'och	0,05-0,08
Po'lat shar bilan yog'och	0,15-0,25
Rezina shar bilan asfalt	0,02
YOg'och va po'lat	0,03-0,04
Po'lat shar va po'lat	0,0005-0,0010

Ishkalanish koeffitsientlari frantsuz fizigi SH. Kulon tomonidan 1781 yilda aniklangan. Bu koeffitsient kuyidagi formula yordamida ifodalangan.

$$\mu = F_{ишк} / mg$$

Atom yoki molekulalar orasidagi ta'sir kuchlari elektromagnit tabiatga ega. SHuning uchun ishqalanish kuchlari elektromagnit tabiatga egadir. Ishqalanuvchi har xil jismlarning yuzalari bir xilda silliqlansa ham ular orasidagi ishqalanish kuchlari qiymati har xil bo'ladi. Sababi, ishqalanuvchi jismlar sirtidagi ularning atom yoki

molekulalari orasidagi ta’sir kuchlari turlichadir. Agar ishqalanuvchi sirtlar orasidagi suyuqlik (moy) kiritilsa, ishqalanish keskin kamayadi, lekin to’la yo’qolmaydi. CHunki suyuqlik molekulalari bilan jism atomi yoki molekulalar orasidagi ta’sir kuch nisbatan kichkinaligi ishqalanuvchi sirtlar orasidagi tutinish kuchini kamaytiradi.

Ishqalanishning yana bir turi – dumalanish ishqalanish bo’lib, u dumalanuvchi jism (tsilindr, shar, sharsimon jism) ning masalan yassi tekislikdagi harakatida vujudga keladi va namoyon bo’ladi. Bu harakatdagi ishqalanish SH. Kulon tomonidan o’rganilib, dumalanish ishqalanish kuchi F_ε- dumalanuvchi jismning radiusi r ga teskari proporsional ekanligi aniqlangan. YA’ni:

$$F_\varepsilon=\mu_\varepsilon P/r$$

Bu erda μ_ε-dumalanishdagi ishqalanish koeffitsienti.

Tajribalar shuni ko’rsatadiki, dumalanishdagi ishqalanish koeffitsienti sirpanishdagi ishqalanishdan bir necha yuz marta kichik. SHuning uchun texnikada sirpanish ishqalanish sharikli yoki rolikli podshipniklar yordamida dumalanish ishqalanishga aylantiriladi.

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

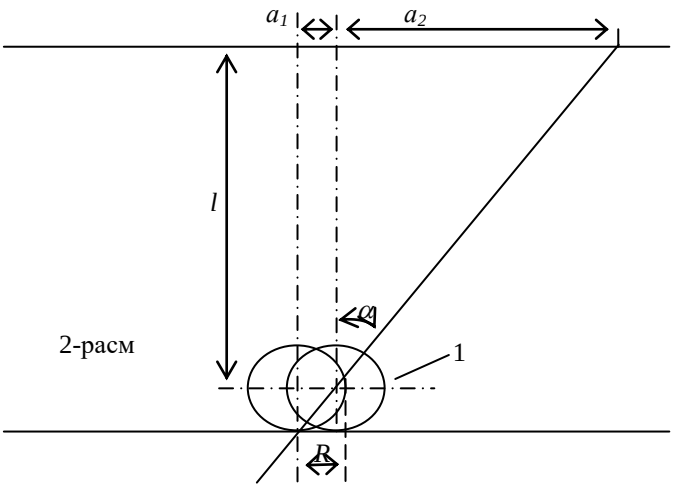
Laboratoriya ishida dumalanish ishqalanishni o’rganish uchun S.F.Lebedev metodi qo’llaniladi. Tebranma harakat qiluvchi mayatnik po’lat yoki latun’ (jez) tsilindrdan (1), unga o’rnatilgan AV sterjendan, sterjenning pastki uchiga o’rnatilgan *R* yukdan iborat bo’lib, matyatnikning asosi metall tsilindr tekshiriluvchi yassi turli materiallardan yasalgan plastinkalardan biriga qo’yiladi. AB sterjenning yukori AO qismi shkalada mayatnikning tebranish amplitudasini ko’rsatuvchi strelka vazifasini o’taydi (1-rasm).

Mayatnikning erkin tebranishini hisobga olgan holda tsilindr qo’yilgan plastinka sterjenning pastki qismi tegmaydigan qilib qo’yilgan bo’ladi. Tekshiriluvchi jismlardan tashqil topgan plastinkalar taglikka surilib ketmaydigan moslamalar yordamida o’rnatilgan bo’lishi kerak. Laboratoriya ishi jarayonida har xil plastinkalarni qo’yib, har xil jismlar orasidagi ishqalanishning koeffitsientlarini aniqlash mumkin.

Muvozanatdan chaqirilganda muvozanat holati atrofida tebranib harakat qiluvchi bu sistema “mayatnik” deb ataladi. Bu sistema muvozanat holatdan chiqarilganda chiziqli bo’lmagan so’nuvchi harakat qiladi. Bu holda tsilindrning o’qi ilgarilanma harakat, tsilindrning o’zi esa o’z o’qi atrofida aylanma harakat qiladi. Tebranma harakat qilayotgan sistema sterjenning OA qismini muvozanat vaziyatidan og’ishi S, 2-rasmga asosan $a_1=R\alpha$ va $a_2=l\alpha$ larning yig’indisiga teng, ya’ni:

$$S= a_1+a_2=R\alpha+l\alpha=(R+l)\alpha \qquad (1)$$

Bu erda α - tsilindrning burilish burchagi, *R*-tsilindrning radiusi, *l*-tsilindr o’qidan shkalagacha bo’lgan masofa, a_1-tsilindr o’qining og’ishi, a_2-tsilindrning o’z o’qi atrofida aylanishi (burilishi) natijasida vujudga keladigan strelkaning og’ishi.



2-расм

Tebranish boshlangandagi (strelkaning) sterjenning og’ish burchagi (1) asosan

$$\alpha_0=S_0/(l+R) \qquad (2)$$

ga va *N*-marta tebranishdan so’ng sterjenning og’ish burchagi

$$\alpha_N=S_N/(l+R) \qquad (3)$$

ga teng bo’ladi.

Tebranish davomida sterjenning og’ish burchagini kamayishi dumalanishdagi ishqalanish koeffitsientini hisoblashga imkon beradi. Ishqalanish koeffitsientini hisoblash formulasini 2-rasmdan foydalanilgan holda quyidagicha keltirib chiqaramiz.

Ishqalanish koeffitsienti tezlikka bog'liq emas deb faraz qilamiz va buning uchun energiya saqlanish qonunidan foydalanamiz. Mayatnikning boshlang'ich paytidagi muvozanat holatidan α_0 burchakka og'gandagi potentsial energiyasi

$$E_0=Px_0=Pl_0(1-\cos\alpha) \tag{4}$$

ga teng. Bu erda x_0-mayatnikning og'irlik markazining vaziyatining o'zgarishi. P-uning og'irligi, l-mayatnik markazidan og'irlik markazigacha bo'lgan masofa. Mayatnik bir marta to'la tebrangandagi hol uchun:

$$E_t=Pl_0(1-\cos\alpha_1) \tag{5}$$

Bu erda α_1-bir marta to'la tebrangandan keyingi mayatnikning muvozanat holatidan og'ish burchagi. Bu holda potentsial energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta E = 2Pl_0(\sin^2\frac{\alpha_0}{2} - \sin^2\frac{\alpha_1}{2}) \tag{6}$$

ga teng. CHunki:

$$\sin^2\frac{\alpha}{2} = \frac{1-\cos\alpha}{2}$$

Agar $\alpha \to 0$ deb hisoblasak, $\sin\alpha \approx \alpha$, bo'lib (6)

$$\Delta E = 0{,}5Pl_0(\alpha_0{}^2 - \alpha_1^2) \tag{7}$$

bo'ladi.

Agar havoning qarshiligini hisobga olmasak, u holda energiyaning o'zgarishi dumalanish ishqalanish kuchlariga karshi bajarilgan ishga teng. Bir marta to'la tebranishda bajarilgan ish

$$\Delta A = 2\mu P(\alpha_0 + \alpha_1) \tag{8}$$

ga teng. Bu erda α_1- bitta yarim tebranish davridagi og'ish burchagi, μ-dumalanish koeffitsienti. μP –dumalanishdagi ishqalanish kuchini momenti.

Potentsial energiyaning o'zgarishi ΔE bajarilgan ishga teng ekanligini hisobga olsak, ya'ni $2\mu P(\alpha_0 + \alpha_1) = 0{,}5Pl_0(\alpha_0{}^2 - \alpha_1^2)$ va bundan $\mu = \frac{1}{4}l_0(\alpha_0 - \alpha_1)$ bo'ldi. N marta to'la tebrangandan keyingi hol uchun:

$$\mu = \frac{1}{4}\frac{l_0}{N}(\alpha_0 + \alpha_N) \tag{9}$$

ga teng. (2) va (3) formulalardan α_0 va α_N ning ifodalarining (9) ga qo'yib, ishqalanish koeffitsientini hisoblash formulasini hosil qilamiz.

$$\mu = \frac{1}{4}\frac{l_0}{N}\frac{S_0 - S_N}{R + l} \qquad (10)$$

Ishni bajarish tartibi

Tebranishlarning so'nishidan dumalanish ishqalanish koeffitsientini hisoblash uchun:

1) TSilindrning radiusi uning bir necha qismidan o'lchanib, uning o'rtacha qiymati aniqlanadi.
2) l va l_0 masofalar qurilmadan yozib olinadi.
3) Mayatnik tebranishga keltirilib, boshlang'ich holat uchun S_0 o'lchanadi.
4) N marta to'la tebranishdan so'nggi sterjenning og'ishi S_N – o'lchanadi.
5) N- to'la tebranishlar yozib olinadi.

Avvaldan S_0 va S_N lar qiymatlarini shkaladan tanlangan holda tebranishlar soni N ni aniqlash ish bajarish jarayonini osonlashtiradi. Masalan: S_0=3 sm va S_N=1 sm deb, shu qiymatlar intervalidagi og'ishlar bo'lgani uchun kerak bo'lgan tebranishlar soni N o'lchanadi. Tebranish boshlanishidan avval mayatnik sterjeni yuqori uchi shkalaning noliga to'g'rilab olinadi va har bir o'lchashda tebranishning boshlang'ich og'ishi bir xil qilib olinishi kerak.

O'lchashlar har bir plastinka – tsilindr materiallar jufti uchun kamida besh martadan o'lchashlar bajarilib har bir juft materiallar uchun ishqalanish koeffitsienti aniqlanadi va o'zaro taqqoslanadi. O'lchashlar va hisoblash natijalari jadvalga yoziladi. Standart xatolik

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(\mu_i - \mu)^2}{n(n-1)}}$$

formula bilan hisoblanadi o'lchashlar soni n=5 uchun Styudent koeffitsienti ishonchlik intervali α=0,95 bo'lganda $t(n)$ ning qiymati jadvaldan topiladi. U holda absolyut xatolik $\Delta\mu = t(M)\sigma$ ga teng va nisbiy xatolik $\varepsilon = (\Delta\mu_{o'r}/\mu_{o'r})100\%$ bilan hisoblanadi. Natijalar har bir ishqalanuvchi jismlar juftlari uchun

$$\mu = \mu_{o'r} \pm \Delta\mu_{o'r}$$

ko'rinishda jadvalga yoziladi.

2- jadval

№	N	l_0	S_0	S_N	S_0-S_N	μ_i	$\mu_{o'r}$	$\Delta\mu_i$	$\Delta\mu_{o'r}$	ε	$\mu_{o'r} \pm \mu_{o'r}$
1 2 3											

Nazorat savollar

1. Ishqalanish nima?
2. Tashqi ishqalanish va ichki ishqalanish nima?
3. Ishqalanish kuchining tabiati qanday?
4. Nima uchun ho'l ishqalanish kuchi quruq ishqalanish kuchidan kichik?
5. Ishqalanish koeffitsienti nima?
6. Dumalanish ishqalanish sirpanish ishqalanishdan qanday farq qiladi?

№19 TOVUSH TO'LQINING HAVODA TARQALISH TEZLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Tovush to'lqining havoda tarqalishini tajribada o'rganish. Tovush to'lqinlarining qo'shilish xodisasini o'rganish. Typg'yn to'lqinning hosil bo'lishini va uning havoda tarqalishini o'rganish. Turg'un to'lqindan foydalanib, tovush to'lqining tarqalish tezligini aniqlashni o'rganish. Talabalarni asbob va fizik qurilmalar bilan ishlash ko'nikmalarni shakllantirish. Tajribada aniqlanadigan parametrni xatoligini hisoblashni o'rganish.

Kerakli asbob va materiallar: Typg'yn to'lqin hosil qilishga mo'ljallangan (uzunligi 1,2-1,5 m, diametri 50-60 mm) shisha nay, aniq chastotadagi tovush tebranishlarini hosil qiluvchi tovush generatori, chizg'ich, datchikda hosil bo'lgan tebranishlar chastotasini o'lchaydigan chastotomer, ostsillograf, shisha nay mahkamlanadigan asos va boshqa yordamchi aslahalar.

Nazariy qism

Tebranishning biror myhitda tarqalishi to'lqin deyiladi. To'lqinlar ikki xil bo'ladi: ***Ko'ndalang va bo'ylama*** to'lqinlar. Muhit zarralarining tebranish yo'nalishi to'lqinning tarqalish yo'nalishiga tik bo'lsa-***ko'ndalang to'lqin*** (1-a rasm), bir xil bo'lsa-***bo'ylama to'lqin*** (1- b rasm) deyiladi. ***Tovush to'lqini*** - bu bo'ylama to'lqindir, chunki myhit zarralarining to'lqinning tarqalish yo'nalishida zichlashish va siyraklashishidan hosil bo'ladi.

Tebranuvchi elastik muhit zarralari tebranishining bir to'la davr ichida tarqalish masofasi ***to'lqin uzunligi*** deyiladi. To'lqin uzunligi to'lqinning tarqalish tezligi v va chastota ϑ bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lambda = \frac{v}{\vartheta} = v \cdot T \qquad (1)$$

Tugun va do'ngliklari vaqt o'tishi bilan o'z joyini o'zgartirmaydigan to'lqin ***turg'un to'lqin*** deyiladi (2-rasm). Bu hodisani **akustik rezonans** deyilsa ham bo'ladi, chunki amplituda maksimal qiymatga ega bo'ladi. Havo ustunida birinchi maksimum tovush to'lqinining to'rtdan bir uzunligi masofasida hosil bo'ladi. Quvurning bosh qismiga qo'zg'almas qilib tovush manbai va uning ikkinchi tomoniga qo'zg'aluvchi porshen shaklidagi datchik ya'ni tovush to'lqinini qayd etuvchi asbob kiritilsa, shu porshenning old yuzasida goh do'nglik (maksimum), goh tugun (minimum) tebranishlar hosil bo'ladi. Havo ustuni uzunligi (L) tovush to'lqini uzunligining to'rtdan biridan toq marta katta bo'lganda rezonans, ya'ni tebranish amplitudasining ortishi kuzatiladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4.}; \qquad (2)$$

Bunda: n =1,2,3,4,5; λ - to'lqin uzunligi. (2) ifodadan to'lqin uzunligi topiladi:

$$\lambda = \frac{4L}{2n-1} \qquad (3)$$

U holda (1) formulani qayta yozib, so'ngra undan to'lqinning tarqalish tezligi ifodasi hosil qilinadi, ya'ni

$$\frac{v}{\vartheta} = \frac{4L}{2n-1} \Rightarrow v = \frac{4L \cdot \vartheta}{2n-1} \qquad (4)$$

Ma’lumki, muxit temperaturasi o’zgarganida shu muhit zarralarining harakat tezligi ham o’zgaradi.

Bo’ylama va ko’ndalang to’lqinlarning sxematik tasviri 1-rasmda keltirilgan. 2-rasmda esa to’lqinning muxitlar chegarasidan qaytishi keltirilgan.

SHunga mos ravishda tovush to’lqini tezligining temperaturaga bog’liqligini quyidagicha yozish mumkin:

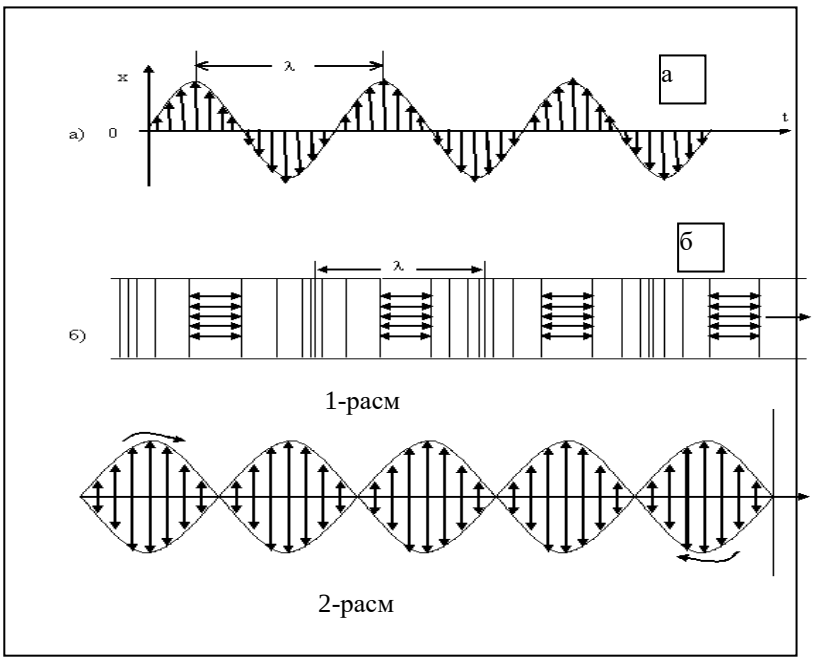
$$v_0 = \frac{v}{\sqrt{1+\beta t}}. \qquad (5)$$

v_o - tovush to’lqinining 0^0 S da tarqalish tezligi; v – t ^{0}C temperaturadagi tezlik; β - havo uchun 0,004 grad^{-1} ga teng. YUqoridagi (4) tenglamani (5) ga qo’yib, tovush to’lqinining 0^0S temperaturada tarqalish tezligini qyyidagicha yozish mumkin:

$$v_0 = \frac{4L\vartheta}{(2n-1)\sqrt{1+\beta t}}. \qquad (6)$$

Bundan tovushning chastotasi uchun quyidagi ifodani olamiz.

$$\vartheta = \frac{v_0(2n-1)\sqrt{1+\beta t}}{4L} \qquad (7)$$

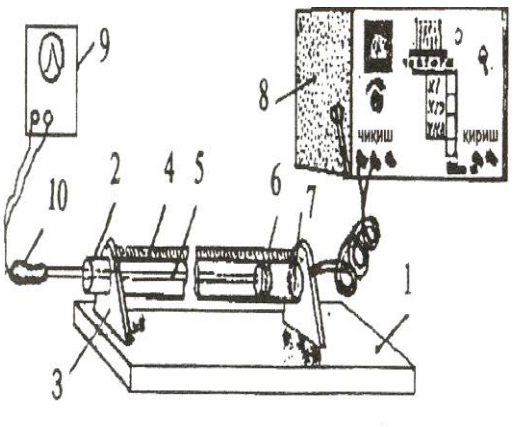


1-расм

2-расм

Halqaro birliklar sistemasida tovushning nol gradus tselsiydagi (0^oS) tezligi (jadvallarga kiritilgan qiymati) v_o =332 m/s. (1) formuladan foydalansak tovushni tajriba o'tkazilayotgan sharoitdagi tezligini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin.

$$v = \frac{v_0(2n-1)\sqrt{1+\beta t}}{4L}\lambda \qquad (8)$$



3-расм

Qurilmaning tuzilishi va ishlashi

Qurilma (3-rasm) eni 20 sm, bo'yi 1,2 m va qalinligi 2 sm bo'lgan yog'och taxta-1 ga vertikal o'rnatilgan ikkita tayanch-3, shu tayanchlarga o'rnatilgan shisha nay-2, shu nayning bir uchiga mahkamlangan tovush manbai vazifasini bajaruvchi telefon-7, qo'zg'aluvchi porshen-6 ga o'rnatilgan tovush datchigi (mikrofon yoki quloqqa taqiladigan karnaycha), shu porshenni shisha nay bo'ylab harakatga keltiruvchi metall nay-5, porshenning siljigan holatini ko'rsatuvchi bir metrli chizg'ich-4, metall nay ichida tovush signallari hosil qilgan elektr signallarni tashqariga chiqaruvchi ikkita ingichka elektr sim, metall nayning ikkinchi uchiga kiygizilgan yog'och yoki latta-10, tovush generatori-8 ni chastotomeri yoki elektron ostsillografi-9 hamda ayrim yordamchi aslahalardan tashkil topgan.

Qurilmani ishga tushirish uchun tovush generatori va chastotomeri elektr tarmog'iga ulanadi. SHunda tovush generatori ma'lym chastotadagi tebranishlarni beradi, natijada karnaydan tovush tebranishlari muhitga tarqaladi.

Elektr signallar paydo bo'ladi. Elektr signallarni qayd etuvchi chastotomer asbobi signallarning tebranish chastotasini ko'rsatadi. Qo'zg'aluvchi porshenga o'rnatilgan datchik(holatini o'zgartirib, turli xil tebranishlarning maksimum va minimumlarini chastotomer yoki elektron ostsillografda kuzatish mumkin.

Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ishining yo'riqnomasini o'qib o'rganing.

2. Tovush generatori va chastotomerini yoki elektron ostsiplografni elektr tarmog'iga ulang.

3. Porshenni nayning berk uchiga kelguncha siljiting.

4. Porshenni opqaga tortib, birinchi maksimumni (n=1) toping va nayning berk uchi bilan porshen orasidagi L_1 masofani yozib oling.

5. Undan so'ng ikkinchi va h.k maksimumlarni (n=2,3, …) toping, L masofalarni o'lchang va yozib oling quyidagi jadvalni to'ldiring.

1-jadval

n	λ	t	L_i	v_i	$v_{o'r}$	Δv_i	$\Delta v_{o'r}$	ε
1 2 3								

6. Har bir masofa uchun tovush tezligini hisoblang va jadvalga kiriting.

7. Tezlikning o'rtacha qiymatini hisoblang va uni jadval ma'lumotlari bilan solishtiring, xatoliklarni hisoblang.

Nazorat savollari

1. Turg'un to'lqin nima va u qanday hosil bo'ladi?

2. To'lqin deb nimaga aytiladi? To'lqin uzunligi bilan tezligi o'rtasidagi bog'lanishni yozing.

3. Havo ustuni uzunligi bilan chastota o'rtasida qanday bog'lanish bor?

4. Nima uchun suyuqlik va gaz ichida ko'ndalang to'lqin kuzatilmaydi?

5. Tovushning tarqalish tezligi temperaturaga qanday bog'liq?

6. Laboratoriya ishining asosiy formulasini yozing.

7. Asbobning tuzilishi va ishni bajarish tartibini tavsiflang.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. J. Nurmatov, M. Isroilov «**Fizikadan laboratoriya ishlari**» T. «O'qituvchi» 2002.
2. A. G'aniev, A. Avliyoqulov va boshqalar «**Fizika**» akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun, 1-qism, T. «O'qituvchi» 2002.
3. A. G'aniev, A. Avliyoqulov va boshqalar «**Fizika**» akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun, 2-qism, T. «O'qituvchi» 2002.
4. K. A. Tursunmetov, R. M. Abdullaev, «**Mexanika**», T. O'zMU, 1998.
5. V. I. Iveronova, «**Fizikadan praktikum**», T. «O'qituvchi», 1973.
6. D.V.Sivuxin, «**Umumiy fizika kursi**», T. «O'qituvchi», 1981.
7. S.E.Xaykin, «**Fizicheskie osnovi mexaniki**», Moskva, «Nauka», 1987.
8. S.P.Strelkov, «**Umumiy fizika kursi**», T. «O'qituvchi», 1977.
9. E. N. Nazirov va boshqalar, «**Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum**», T. «O'qituvchi», 1979.
10. A. K. Kikoin, I. K. Kikoin, «**Fizika kursi»**, T. «O'qituvchi», 1978.
11. A. N. Mateev, «**Mexanika i teoriya otnositelnosti**», Moskva, «Vыщaya shkola», 1981.
12. R.G'. Ikramov, "**Mexanika fanidan ma'ruzalar matni**", Namangan, NamDU, 2008.
13. E.N. Nazirov, Z.A. Xudoyberganova, N.X. Sayfiullina. "**Mexanika va molekulyar fizikadan mashg'ulotlar**", "O'zbekiston", T., 2001.
14. A.N. Zeydel. "**Elementarnie otsenki oshibok izmereniy**", "Nauka", Moskva, 1968.
15. O.N. Kasandrova, V.V. Lebedev, "**Obrabotka rezultatov nablyudeniy**", "Nauka", Moskva, 1970.
16. T.A. Agekyan, "**Osnovi teorii oshibok dlya astronomov i fizikov**", "Nauka", Moskva, 1968.

Mexanika

fanidan

GLOSSARIY

QISQACHA IZOHLI LUG'AT (GLOSSARIY)

Termin	Terminology	O‘zbek tilidagi sharhi
Mexanikharakat	Mechanics	Jismlaryokiularqismlariningbirbiriganisbatanko‘chishishi
Moddiynuqta	thematerialpoint	Qaralayotganmasaladao‘lchovlarivashakliahamiyatsizbo‘lganjism
Sanoqsistemasi	industrialsystem	Harkatlanuvchiboshqajismlarningholatianiqlanadiganhaqiqiyyokishartliqattiqjism
Traektoriya	trajectory	Tazoharakatlanayotganjismnuqtasinichizadiganchiziq
Ko‘chish	migration	Harakatlanayotganmoddiynuqtabirorvaqtoralig‘iningboshlang‘ichpaytidaegallabturgannuqtasidanshuvaqtoralig‘iningoxiridaegallaganholatgao‘tkazilganvektor
Yo‘l	way	Harakatlanayotganmoddiynuqtatraektoriyasibo‘yichahisoblanganikkigeometriknuqtaorasidagimasota
Tezlik	speed	O‘zgaruvchanfizikaviykattalikningbirorvaqtoralig‘idagio‘zgarishikattaliginingshuo‘zgarishyuzberganvaqtoralig‘iganisbati
Oniytezlik	theinstantaneousspeed	Traektoriyaningma’lumnuqtasidagiyokiberilganvaqtmomentidagijismningtezligi
O‘rtachatezlik	averagetezltk	Umumiybosibo‘tilganyo‘lniumumiyharakatvaqtiganisbatibilano‘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‘talirishvaqti	thetime	Jismniharakatboshlanishidanmaksimalbalandlikkako‘tarilishgachaketganvaqti
Uchishvaqti	flighttime	Jismningkutarilishvaqtivaergatushishvaqtlariniyig‘indisi
Egrilikradiusi	theradiusofcurvature	Harakattraektoriyasiningradiusi
Tortishishkuchi	theforceofgravity	Jismlarningo‘zarota’sirinatijasidavujudgakeluvchikuch
Tortishishpotentsialenergiyasi	Thegravitationalpotentialenergy	Jismlarnio‘zarotortishishkuchlarinatijasidaegabo‘lganenergiya
Sanoqsistemasi	industrialsystem	Harkatlanuvchiboshqajismlarningholatianiqlanadiganhaqiqiyyokishartliqattiqjism
Inertsialsanoqsistemasi	Inertsialnotationsystem	Boshqabirjismlar (kuchlar) ta’sirqilmayotganmoddiynuqtalaro‘ztezligininisbatanmoddiysaqlabqoladigansanoqtizimi
Noinertsialsanoqsistemasi	Noinertsialnotationsystem	Birbiriganisbatantezlanishbilanharakatqiluvchisistemalar
Inertsiyakuchlari	inertia	1)Noinertsialsanoqtizimininginertsialtizimiganisbatanharakatibilanbog‘liqbo‘lganNyutonningIIqonuniitodasinoinertsialtizimdahamo‘rinlibo‘lishiuchunkiritiladiganqo‘shimchahad; 2) Dalambertamoyiliniishlatishdakuchlardanbirisitatidaqo‘llaniluvchimoddiynuqtasimassasiningshunuqtatezlanishigateskariishorabilanolinadiganko‘paytmasi
Ishqalanishkuchi	frictionforce	Tegishishibturivchijismlar, suyuqlikvagazlarqatlamlariningnisbiyko‘chishigaqarshilikqiluvchikuch
Qovushqoqishqalanish	frictionQovushqoq	
Ichkiishqalanishkoettitsienti	The coefficient of internal friction	Qattiqjismlardetormatsiyalangandaulargata’sirqiladiganmexanikenergiyaningissiqlikkaaylanishxossasi; suyuqlikvagazlardaqovushqoqlikdebataladi
Stokskuch	thepowero	CHeklanmaganqovushqoqsuyuqlikdaqattiqsharharakatlanadig

i	fStoker	anungata’sirqiluvchiqarshilikkuchinianiqlovchiqonun
Sirpanishi shqalanish	slidingfrict ion	Birjismningikkinchijismsirtibo‘ylabilgarilanmako‘chishidagit ashqiishqalanish
Ishqalanis hkoettitsie nti	Thecoeffic ientoffricti on	Ishqalanishkuchiningnormalbosimkuchiganisbatibilano‘lchan adigankattalik
Dumalanis hishqalani sh	rollingfrict ion	YAssiyokiegilgansirtdasirpanishsizdumalanayotgantsilindriky okisharsimonjismgata’sirqiluvchiishqalanishkuchi
Dumalabis hqalanishk oettitsienti	Rollingfric tioncoeffic ient	Jismningbirorsirtbo‘ylabdumalanishgaqarshilikkuchimomenti ningshusirtmomentidansirtgatikyo‘nalgankuchiganisbati
Koriolisku chi	Koriolis	Inertsialtizimganisbatanilgarilanmabo‘lgantarzdaharakatlanay otganinertsialsanoqtizimidagimoddiynuqtagata’sirqiluvchiha mdaKariolistezlanishitutaylivujudgakeluvchiinertsiyakuchi
Korioliste zlanishi	Accelerati ng Koriolis	Nuqtamutloqtezlanishninguningbirko‘chmatezliksohadaboshq ako‘chmatezliksohagako‘chishibilanbog‘liqtashkilqiluvchisi
Berqonuni	the law	ErningaylanmaharakatitutayliKarioliskuchita’siridadaryolarni ngbirqirg‘og‘iniko‘proqemirilishi
Fukomaya tnigi	fucose mayatnigi	Erningsutkaviyaylanishihodisasinitasdiqlovchitebrangich
Kuchelkas i	powershou lder	Kuchmomentihisoblanayotgannuqtadankuchta’siriyo‘nalganto ‘g‘richiziqqatushirilgantikchiziquzunligi
Kuchmom ent	momentof force	Ta’siretuvchikuchnikuchelkasigako‘paytmasigatengbo‘lganka ttalik
Inertsiyam omenti	Iinertsiya momentsw hen	Jismningilgarilanmabo‘lmaganharakatidauninginertliginiitoda lovchivajismdamassalarningtaqsimotigabog‘liqbo‘lgankattalik
Butunola mtortishis hqonuni	The law of universal gravitation	Birmoddiynuqtao‘zigaboshqasinitortishidaniboratuniversalo‘z arota’sirkuchiniitodalovchiqonun
Tortishish potentsiale nergiyasi	Thegravita tionalpote ntialenerg y	Jismlarnio‘zarotortishishkuchlarinatijasidaegabo‘lganenergiya
Keplerqon uni	Kepler'sla ws	Moddiynuqtaningmarkaziykuchmaydonidaxususansayyoralar ningquyoshatrotidaharakatqonunlari
Kosmiktez liklar	spaceveloc ities	Erganisbatanharxiltraektoriyalarbo‘yichaharakatqilishiuchunk erakbo‘lganminimaltezliklar
1-kosmiktezl ik	1-speed space	Su’iyEryuo‘ldoshlariningErdanchiqib, Eratrotidadoiraviyorbitabo‘yichaharakatqilishiuchunzarurbo‘l ganengkichiktezlik.
2-	2-speed	Su’iyEryuo‘ldoshlariningErdanchiqib,

kosmiktezlik	space	Quyoshgaetibborishiuchunzarurbo‘lganengkichiktezlik
3-kosmiktezlik	3-speed space	QuyoshsistemasiniErdankchibtarketishuchunzarurbo‘lganengkichiktezlik
Moddaning agregat holati	Aggregate stateofmatter	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	Bernullieq uation	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	Reynoldsnumber	Suyuqlik yoki gaz oqimini laminar yoki uyurmaviy oqishini tavsitlaydigan parametr
Torichelli tajribasi	Torichellie xperience	Ochiq idishdagi kichik tirqishdan oqib chiquvchi suyuqlik tezligini aniqlab beruvchi itoda
Magnus ettekti	Magnuseff ect	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‘lganharakatlar yokijarayonlar.
Garmoniktebranmaharakat	Harmonic vibration	Holato‘zgarishlarisinusyokikosinusqonunibo‘yichayuzberuvchitebranishlar
Amplituda	amplitude	Tebranilayotganmoddiyjismningmuvozanatvaziyatidanengkattamasotagasiljishi
CHastota	Thefrequency	Vaqtbirligidagitebranishlarsoni
Tebranish davri	vibrationperiod	Tebranayotgankattalikningqiymatitakrorlangadiganengkichikvaqtoralig‘i

Matematik mayatnik	mathematicalpendulum	Vaznsizcho‘zilmaydiganipqo‘zg‘almasnuqtagaosilganhamdatiktekislikdaharakatlanaoladiganmoddiynuqta
Tebranishtazasi	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	The	Muayyan paytda to‘lqin yuzaga kelayotgan tebranishlar

sirti	surface wave	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 interterent siyasi	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
Infratovush	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

MEXANIKA
FANINING

O'QUV DASTURI

1- kurs uchun

Bilim sohasi:	**500000 – Tabiiy fanlar, matematika va statistik**
Ta'lim sohasi:	**530000 – Fizika va tabiiy fanlar**
Ta'lim yo`nalishi:	**60530900 – Fizika (kunduzgi)**

Namangan-2023

Fan/modul kodi MEXB106	O'quv yili 2023/2024	Semestr 1	ECTB – Kreditlar 6
Fan/modul turi Majburiy	Ta'lim tili O'zbek		Haftadagi dars soatlari 6

	Fanning nomi	Auditoriya mashg'ulotlari (soat)	Mustaqil ta'lim (soat)	Jami yuklama (soat)
1.	Mexanika	90	90	180

2.

I. Fanning mazmuni

Fanning maqsadi – talabalarga Jismlar va jismlar sistemasining harakatini bilgan holda moddaning xossa va xususiyatlarining asosiy qonun va qonuniyatlarini o'rganishdan iborat. Uning vazifasi tabiatda bo'ladigan mexanikaviy va issiqlik hodisalaridan boshlab texnika sistemalarda bo'ladigan murakkab harakatlarni va holat o'zgarishlarini o'rganishdan, asosiy fizik qonunlarning mazmuni, ma'nosi va ularni qo'llanishini o'rganishdan iborat.

Shu jumladan qonunlarning texnikada va turmushda bo'ladigan masalalarni yechishda qo'llanilishini, fizik tajribalar asosida mexanik qonunlarni o'rganish, mexanik kattaliklarni SI va SGS o'lchov sistemalarida ifodalash va taqqoslashni o'rganishdan iboratdir.

Fanning vazifasi .

– Mexanik sistemadagi jismlarning harakati va o'zaro ta'sirining umumiy qonuniyatlari hamda tadqiq qilish usullarini o'rganish.

- Olingan nazariy bilimlarga asoslangan ko'nikmalarini rivojlantirish, ijodiy darajada mexanik sistemalarning xususiyatlarini o'rganishni hal qilish uchun fizik modellarni yaratishni va qo'llashni shakllantiradi.

- Talaba mexanikaviy masalalarni hal qilish uchun zarur bo'lgan algoritmlarni, qurilmalar va o'lchov asboblarini o'rganishni o'z ichiga olgan holda mustaqil ishlash ko'nikmalarini hosil qiladi.

II. Asosiy nazariy qism (ma'ruza mashg'ulotlari)

II.1. Fan tarkibiga quyidgi mavzular kiradi

1-mavzu. Kirish. Kinematika asoslari.
Mexanik harakat. Fazo,vaqt,sanoq sistemalari haqida tushuncha. Tug'ri chiziqli harakat. Tug'ri chiziqli tekis harakat. Tug'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat.

2-mavzu. Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish. Aylanma harakat. Yuqoriga tik otilgan va erkin tushayotgan jism harakati.

3- mavzu. Gorizontal va gorizontga qiya otilgan jism harakati va ularning harakat tenglamasi. Jismning uchish vaqti, uchish uzoqligi, ko'tarilish balandligi. To'la, normal va tangensial tezlanishlar.

4-mavzu. Jismlarning o'zaro ta'siri. Kuch. Kuchlarni o'lchash. Kuchlarni qo'shish. Nuqtaga na'sir etuvchi kuchlarning muvozanat sharti. Nyutonning 1-qonuni. Massa. Nyutonni 2-qonunining umumiy ko'rinishi. Inersial sanoq sistemalari.

5-mavzu. Nyutoning 3-qonuni va uning tadbiqi. Jismlarning erkin tushishi. Og'rlik. Vaznsizlik. O'ta yuklanish.

6-mavzu. Jismning erkin bo'lmagan harakati. Impuls. Kuch va jism impulsi. Impuls saqlanish qonuni.

7-mavzu. O'zgaruvchan massali jism harakati. Meshcherskiy tenglamasini keltirib chiqarish. Kuchning ishi. F.I.K.

8-mavzu. Mexanik energiya. Kinetik energiya. Jismning to'la energiyasi. Energiyani saqlanish qonuni. Yerning tortishish maydonida jismning potentsial energiyasi.To'liq noelastik va elasnik to'qnashishlar.

9-mavzu. Deformasiya va uning turlari. Elastiklik kuchlari. Mexanik kuchlanish. Mustahkamlik. Elastiklik moduli. Bikrlik. Deformasiyalangan jism energiyasi.

10-mavzu. Inersial sistemada jismning harakati. Aylanma harakat qilayotgan sistemada inersiya kuchlari. Burchak tezlik va chiziqli tezlik orasidagi bog'lanish. Kariolis tezlanishi va kuchi. Fuko

mayatnigi. Ber qonuni.

11-mavzu. Ishqalanish turlari va ishqalanish kuchlari. Qovushoq ishqalanish. Stoks formulasi. Quruq ishqalanish. Sirpanish ishqalanish. Dumalanish ishqalanish.

12-mavzu. Qattiq jismlarning ilgarilanma va aylanma harakati. Qo'zgalmas o'qqa ega bo'lgan jismning muvozanat sharti. Jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qonuni va uning tenglamasi.

13-mavzu. Impuls momentlari. Impuls momentining o'zgarish qonuni. Og'irlik va inertsiya markazi, uni aniqlash usullari. Impuls momentining saqlanish qonuni.

14-mavzu. SHteyner teoremasi va uning tadbiq'i. Qattiq jism inertsiya markazining harakat qonuni.

15-mavzu. Qattiq jism uchun dinamikaning asosiy qonunlari. Aylanma va ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi.

16-mavzu. Erkin aylanish o'qlari. Giroskoplar. Erkin giroskop o'qining harakati. Giroskopik kuchlar.

17-mavzu. Butun olam tortishish qonuni. Tortishishning potentsial energiyasi. Koinot mehanikasining asosiy qonunlari va uning isbotlari. Kepler qonunlari.

18-mavzu. Yer yo'ldoshi va kosmik apparatlarning harakati. I,II,III-kosmik tezliklar.

19-mavzu. Moddaning agregat holatlari. Suyuqlikning statsionar oqishi. Ideal suyuqlik zarrasi uchun dinamikaning asosiy qonuni.

20-mavzu. Suyuqliklar oqimida energiyaning saqlanish qonuni. Bernulli tenglamasi. Suyuqlik yoki gaz oqimining jismga ta'siri. Reynold soni.

21-mavzu. Torrichelli formulasi. Magnus effekti. Ko'tarish kuchi.

22-mavzu. Davriy jarayonlar. Garmonik tebranma harakat, uning parametrlari. Amplituda, chastota, tebranishlar davri tushunchalari. Matematik mayatnik va uning kinematikasi, dinamikasi. Matematik mayatnik qonunlari.

23-mavzu. Fizik mayatniklar, turlari, ularning harakat tenglamalari. Prujinali mayatnik , uning harakat tenglamasi, tebranish qonuniyatlari. Kyoning teoremasining tadbiqi.

24-mavzu. Xususiy tebranishlarda energiyaning o'zgarishi va uning grafigi. So'nuvchan tebranma harakat. So'nish dekrementi.

25-mavzu. Majburiy tebranishlar. Majburiy tebranishlar va uning harakat tenglamasi. Rezonans.

26-mavzu.Tebranishlarni qo'shish. Bienie(titrash). O'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shish. Lissaju shakllari.

27-mavzu. To'lqin tushunchasi. Ko'ndalang va bo'ylama to'lqinlar. To'lqin sirti va fronti. Torning tebranishi.

28-mavzu. Yassi sinusoidal to'lqin. To'lqin harakat energiyasi. To'lqin energiyasi oqimi. Umov vektori. To'lqin intensivligi.

29-mavzu. To'lqin interferentsiyasi. Turg'un to'lqin. Akustika elementlari. Tovush parametrlari: kuchi, balandligi,tembri. Tovush bosimi. Tovush intensivligi.Tovush kuchi (qattiqligi).

30-mavzu. Doppler effekti. Ultratovush va uni hosil qilish usullari.. Ultratovushning qo'llanilishi.

		Dars mavzusi	**Darsga kelishdan oldin o'rganish zarur bo'lgan materiallar**	**Fan topshiriqlari va ularning bajarilish muddati**
1	1 Hafta	Kirish. Kinematika asoslari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy

					bilimga ega bo'lish
	2		Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	3	2 Hafta	Gorizontal va gorizontga qiya otilgan jism harakati va ularning harakat tenglamasi.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	4		Jismlarning o'zaro ta'siri.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	5	3 Hafta	Nyutoning 3-qonuni va uning tadbiqi.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	6		Jismning erkin bo'lmagan harakati.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	7	4 Hafta	O'zgaruvchan massali jism harakati.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	8		Mexanik energiya.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi.	

				Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	9	5 Hafta	Deformasiya va uning turlari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	10		Inersial sistemada jismning harakati.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	11	6 Hafta	Ishqalanish turlari va ishqalanish kuchlari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	12		Qattiq jismlarning ilgarilanma va aylanma harakati.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	13	7 Hafta	Impuls momentlari. Impuls momentining o'zgarish qonuni.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	14		SHteyner teoremasi va uning tadbiq'i.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	

	15	8 Hafta	Qattiq jism uchun dinamikaning asosiy qonunlari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	16		Erkin aylanish o'qlari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	17	9 Hafta	Butun olam tortishish qonuni.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	18		Yer yo'ldoshi va kosmik apparatlarning harakati.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	19	10 Hafta	Moddaning agregat holatlari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	20		Suyuqliklar oqimida energiyaning saqlanish qonuni.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	21	11 hafta	Torrichelli formulasi.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish

				Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	22		Davriy jarayonlar.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	23	12 Hafta	Fizik mayatniklar, turlari, ularning harakat tenglamalari.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	24		Xususiy tebranishlarda energiyaning o'zgarishi va uning grafigi.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	25	13 Hafta	Majburiy tebranishlar.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	26		Tebranishlarni qo'shish.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
	27	14 hafta	To'lqin tushunchasi.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
	28		Yassi sinusoidal to'lqin.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.)	

			2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	
29	15 Hafta	To'lqin interferentsiyasi.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
30		Doppler effekti.	1.Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 2. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 3. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981.	

Amaliy mashg'ulotlar

		Dars mavzusi	**Darsga kelishdan oldin o'rganish zarur bo'lgan materiallar**	**Fan topshiriqlari va ularning bajarilish muddati**
1	1 Hafta	Mexanik harakat. Tug'ri chiziqli harakat. Tug'ri chiziqli tekis harakat. Tug'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
2	2 Hafta	Egri chiziqli harakat. Aylanma harakat. Yuqoriga tik otilgan jism harakati. Gorizontal va gorizontga qiya otilgan jism harakati va ularning harakat tenglamasi.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
3	3 Hafta	Jismlarning o'zaro ta'siri. Nyuton qonunlari va uning tadbiqi. Qarshilik va ishqalanish kuchlari.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish

4	4 Hafta	Jismlarning erkin tushishi. Vaznsizlik. O'ta yuklanish. Jismning erkin bo'lmagan harakati. Impuls. Kuch va jism impulsi. Noinersial sanoq sistemalarida harakat.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
5	5 Hafta	Impulsni saqlanish qonuni. Reaktiv harakat. O'zgaruvchan massali jism harakati.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
6	6 Hafta	Kuchning ishi. Quvvat. Mexanik energiya. Jismning to'liq mexanik energiyasi. Mexanizmning F.I.K.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
7	7 Hafta	Saqlanish qonunlari. To'liq noelastik va elasnik to'qnashishlar.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
8	8 Hafta	Qattiq jismning ilgarilanma va aylanma harakati. Jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakat qonuni va uning tenglamasi. Shteyner teoremasi va uning tadbiqi.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
9	9 Hafta	Impuls momenti va uning saqlanish qonuni. Qattiq jism inersiya markazining harakat qonuni. Aylanma va ilgarilanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
10	10 Hafta	Butun olam tortishish qonuni. Tortishishning potentsial energiyasi. Koinot mehanikasining asosiy qonunlari.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish

11	11 hafta	Deformasiya. Guk qonuni. Deformasiya energiyasi va energiya zichligi. Mustahkamlik chegarasi va mustahkamlik zapasi.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
12	12 Hafta	Suyuqliklar mexanikasi. Arximed va Paskal qonunlari. Bernulli tenglamasi. Suyuqlik yoki gaz oqimining jismga ta'siri.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
13	13 Hafta	Davriy jarayonlar. Garmonik tebranishlar kinematikasi va dinamikasi. Tebranishlarni qo'shish.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
14	14 hafta	So'nuvchi va majburiy mexanik tebranishlar.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish
15	15 Hafta	Mexanik to'lqinlar. Akustika elementlari. Mexanik to'lqinlarda Doppler effekti.	1.CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 2. Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi.	Mavzuga oid nazariy bilimga ega bo'lish

Ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlar davomida talabadan:

- har bir amaliy mashg'ulotni qoldirmasdan qatnashish,
- darsga vaqtida yetib kelish,
- dars vaqtidan oldin barcha o'qish va topshiriqlarni bajarish,
- darsdagi muhokamalar va topshiriqlarda faol ishtirok etish,
- dars muloqotida guruhdoshlari va o'qituvchilariga nisbatan xushmuomala va hurmatli bo'lish kutiladi.

Agar talaba dars qoldirishiga to'g'ri kelsa, o'z vaziyatini yozma holda o'zi o'qiyotgan fakultet dekani/o'rinbosariga habar beradi va fakultet dekani/o'rinbosari vaziyatni sababli deb topsagina talabaga yozma ruxsat beradi va qoldirilgan dars talaba davomati jurnaliga dekanat tomonidan sababli deb kiritiladi. Ushbu ruxsatnoma nusxasini talaba fan o'qituvchiga darsni qoldirishdan oldin taqdim etishi kutiladi. Aks holda talaba sababsiz dars qoldirilgan deb hisoblaniladi va talaba davomati jurnaliga fan o'qituvchisi tomonidan darsga kelmaganligi qayd etiladi. **Talaba sababli yoki sababsiz**

dars qoldirishidan qat'iy nazar qoldirilgan dars uchun tayinlangan o'quv materiallari va vazifalar bo'yicha **kamida 5 betlik** yozma (A4 format) javob qog'ozini keyingi dars boshlangunga qadar topshirishi va yangi dars boshida yozma hisbotni 2-4 minutlik himoya qilishi lozim (bunday holda hech qaysi talaba biror sabab tufayli, kasaligi masalan, mustasno emas). Eslatma: auditoriya dars soatini talaba sababli maksimum **8 soatgacha** qoldirish mumkin (Izoh: ushbu soatlar auditoriya dars soatiga nisbatan o'zgarishi mumkin).

Dars qoldirgan talaba uchun namunaviy savollar:

1.Siz dars mavzusi bo'yicha qanday yangi bilimlarni o'zlashtirdingiz (kamida 10 ta)

2.Mavzu doirasida avvaldan nimalarni bilardingiz va bu bilimlar mavzuni o'zlashtirishga qanday yordam berdi?

3.Mavzuni o'rganishda siz uchun uchun qiyin va oson juhatlar nimada?

4.Kelgusida ushbu mavzu bo'yicha bilim va ko'nikmalarni qanday foydalanasiz? (Javob varag'ida har bir savol va uning javobi ko'rsatilsin).

Baholash mezoni

Fan toshiriqlari	Foizi	Topshirish muddati
Darsga tayyor holda ishtirok etish, muhokama qilish va topshiriqlarini bajarish	**15%**	**Har hafta**
Dars vaqtidagi ishtiroki (masalalar ishlash)	**15%**	**2,3 hafta**
Uyga vazifa(masalalar ishlash)	**20%**	**Har hafta**
Oraliq nazorat	**20%**	**14- hafta**
Yakuniy nazorat	**30%**	**15- hafta**
Umumiy	**100%**	

Baholash uchun topshiriqlarning batafsil tavsiflari, takliflari va baholash kreterialari/rubrikalari

Topshiriq nomi: ***Darsga tayyor holda ishtirok etish, muhokama qilish va topshiriqlarini bajarish–***
Topshiriqning tasnifi: Siz hamma darslarda qatnashishingiz shart, chunki bu kurs muhim interaktiv komponentni o'z ichiga oladi. Siz turli kichik guruhlar, dars muhokamalari va fan topshiriqlarini bajarish faoliyati orqali o'rganish tajribasida faol ishtirok etishingiz kutiladi. *Kundalik dars vazifalarini bajarish orqali har haftalik dars mavzulariga tayyorgarlik ko'rishingiz kerak bo'ladi.* Axborotni tahlil qilish va uni tengdoshlaringiz bilan muhokama qila olish sizning kasbiy rivojlanishingiz uchun ham muhimdir. *Shu maqsadda, bu baho nafaqat dars mashg'ulotlariga qatnashganingizga, balki har bir mavzu bo'yicha haftalik sinf muhokamalariga tayyorligingiz va*

mazmunli hissa qo'sha olishingizga bog'liq.

Mantiq: Ushbu faoliyat talabada fanni o'rganishda qat'iylikni namayon qilish, topshiriqlarni bajarishda mas'uliyatni his qilish, jamoada o'z xatti-harakatini nazorat qilish, dars jarayonida bilim, ko'nikma va malakalarini ko'rsatib bera olish, tartibli va mulohazali bo'lishga undaydi.

Talaba ushbu me'zon yordamida baholanadi:

Standartlarga javob beradi yoki oshib ketadi 12-15 ball	Standartlarga qisman javob beradi 8-11 ball	Standartga harakat qildi 0-7 ball
Fanni o'rganishda, intilishda qat'iylikni doimiy ravishda namoyish etadi; o'zining hulqi/ishtiroki darajasini nazorat qiladi;	Fanni o'rganishda, intilishda qat'iylikni doimiy ravishda namoyish etadi; ba'zan o'zining hulqi/ishtiroki darajasini nazorat qilolmaydi;	Vaqti-vaqti bilan fanni o'rganishda, intilishda qat'iyatlilikni namoyon qiladi va hulqi/ishtirokini kamdan-kam hollarda nazorat qiladi.
Juftlik, guruh va butun sinf ishi davomida darsda ingliz tilidan (70-100%) doimiy ravishda foydalanadi.	Juftlik, guruh va butun sinfda ishlash jarayonida tez tez ingliz tilidan (40-60%) foydalanadi.	Ko'pincha juftlik, guruh va butun sinf ishi davomida ingliz tilidan darsda foydalanmaydi (10-30%)
Har doim dars jarayoniga ixtiyoriy ravishda ishtirok etadi; savollarga tez-tez javob beradi; mulohazali nuqtai nazarga hissa qo'shadi.	Ko'pincha o'z xohishi bilan ishtirok etadi; vaqti-vaqti bilan savollarga javob beradi; vaqti-vaqti bilan fikr almashadi	Kamdan-kam hollarda ixtiyoriy ravishda ishtirok etadi; kamdan-kam hollarda savollarga javob bera oladi; nuqtai nazarini kamdan-kam baham ko'radi.
Dars davomida har doim to'g'ri harakat qiladi; darsga har doim hozir bo'ladi; kech qolmaydi yoki darsni sababsiz qoldirmaydi va topshiriqlarni o'z vaqtida topshiradi	Ko'pincha dars davomida to'g'ri harakat qiladi; ba'zan darsga kech qoladi; aksariyat topshiriqlar o'z vaqtida bajariladi	Sinfda chalg'ituvchi yoki chalg'ituvchi xatti-harakatlar qiladi (masalan telefondan maqsadsiz foydalanish); ko'p hollarda darsga kech qoladi; topshiriqlar belgilangan muddatdan keyin topshirilgan
Har doim darsga tayyorlanish orqali o'rganishga bo'lgan sadoqatini namoyon etadi; har doim kundalik vazifalar o'z vaqtida bajaradi.	Umumiy tayyorlangan; Ko'pincha kundalik vazifalar o'z vaqtida bajaradi.	Umuman tayyor emas; kamdan-kam hollarda kundalik vazifalar o'z vaqtida bajaradi.

Topshiriq nomi: Dars jarayonida masalalar ishlash *15%*

Topshiriq tasnifi: Talabalarni amaliy mashg'ulotlarga to'la qatnashib, fanning turli bo'limlari bo'yicha misol va masalalarni auditoriyada yechishlari talab qilinadi. Har bir masala ishlanish darajasiga qarab 5 baxo (15%) tizimda baholanadi.

Mantiq. Ushbu faoliyat talabada mashg'ulot vaqtida mavzuga oid masalalarni mustaqil ravishda yechish, tahlil qilish va masala ishlash ko'nikmalarini shakllantiradi. Zarur ma'lumotlarni qisqa, tushunarli va oson ifodalashda texnogiya vositalaridan foydalanish ko'nikmasini shakllantiradi va rivojlantiradi. Yangi bilimlarni o'zlashtirishda mas'uliyatni o'z bo'yniga olish, qat'iylikni namoyish qilishga undaydi.

Talaba ushbu me'zon yordamida baholanadi:

Masalani quyidagicha baholanadi:

- to'liq yechilgan, bo'lim bo'yicha olgan nazariy bilimlarni masala yechishda to'g'ri qo'llangan bo'lsa – 5 baxo (13.5-15%)
- to'liq yechilgan, yechish yo'li to'g'ri tanlangan, ammo uni yechishda ayrim kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa – 4 baxo (10.5-13.4%).
- yechish uchun kerakli formulalar barchasi to'g'ri tanlangan, ammo uni noto'g'ri echilgan bo'lsa - 3 baxo (9-10.4%).
- yechish uchun kerakli formulalar ayrimlari to'g'ri tanlangan bo'lsa, noto'g'ri yechilgan bo'lsa– 2 baxo (0-8.9%).

Topshiriq nomi: Uyga vazifa 20 %

Topshiriq tasnifi: Ushbu topshiriqni bajarish uchun talabaga dars mashg'ulotida berilgan vazifalarni yozma varianti (PDF, Word shaklida) hemis dasturining topshiriqlar qismiga belgilangan muddatgacha yuklaydi.

Mantiq: Talabaning nazariy olgan bilimlarini mustahkamlashga, mustaqil ishlashga va amaliyotga qo'llashga turtki beradi.

Talaba ushbu me'zon yordamida baholanadi:

Masalani quyidagicha baholanadi:

- to'liq yechilgan, bo'lim bo'yicha olgan nazariy bilimlarni masala yechishda to'g'ri qo'llangan bo'lsa – 5 baxo (18-20%)
- to'liq yechilgan, yechish yo'li to'g'ri tanlangan, ammo uni yechishda ayrim kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa – 4 baxo (14-17.8%).
- yechish uchun kerakli formulalar barchasi to'g'ri tanlangan, ammo uni noto'g'ri echilgan bo'lsa - 3 baxo (12-13.8%).
- yechish uchun kerakli formulalar ayrimlari to'g'ri tanlangan bo'lsa, noto'g'ri yechilgan bo'lsa– 2 baxo (0-11.8%).

Topshiriq nomi: Oraliq nazorat-20%

Topshiriqning tasnifi: Fanning bo'limlari bo'yicha savol-javob yoki yozma ish ko'rinishida semestr davomida 2 marta (2x10=20%) o'tkaziladi. Har bir yozma ishda 2 tadan nazariy savol va 3 ta masala bo'lib, ularni har biri bajarilgan ish hajmi va sifatiga qarab 5 baho tizimda beriladi.

Mantiq: Talabaning nazariy olgan bilimlarini mustahkamlash, mustaqil ishlashga qaratilgan.

Siz ushbu me'zon yordamida baholanasiz:

Masala quyidagicha baholanadi:

- to'g'ri yechilgan, barcha formulalar to'g'ri va o'z o'rnida qo'llangan bo'lsa – 5 baxo (18-20%)
- to'g'ri yechilgan, ammo yechishda formulalarda ayrim kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa – 4 baxo (14-17.8%).
- to'liq yechilmagan, yechishda formulalarda ayrim kamchiliklarga yo'l qo'yilgan bo'lsa – 3 baxo (12-13.8%).
- formulalar noto'gri keltirilgan va masala noto'g'ri echilgan bo'lsa – 2 baxo (0-11.8%).

Topshiriq nomi: ***Yakuniy nazorat*- 30 %**

Topshiriqning tasnifi: Yakuniy nazorat alohida mavzularga asoslangan bitta nazariy savol va ikkita amaliy masaladan(ikkita nazariy savol va bitta amaliy masaladan) tashkil topgan yozma ish shaklida o'tkaziladi.

Mantiq: Talabaning nazariy olgan bilimlarini mustahkamlash, mustaqil ishlashga qaratilgan.

	Siz ushbu me'zon yordamida baholanasiz: Nazariy savol bo'yicha mavzudagi tayanch tushuncha va iboralar mohiyati: • to'liq ochilgan va xulosalangan – 5 baxo (9-10%). • to'liq ochib berilmagan – 4 baxo (7-8.9%). • yoritilgan, ammo ayrim kamchiliklari bor bo'lsa – 3 baxo (5-6.9%). • chala yoritilgan bo'lsa va notog'ri tushunchalar keltirilgan– 2 baxo (0-5.9%) bilan baholanadi. Masalani quyidagicha baholanadi: • to'liq yechilgan, bo'lim bo'yicha olgan nazariy bilimlarni masala echishda to'g'ri qo'llangan bo'lsa – 5 baxo (9-10%). • to'liq yechilgan, formulalar keltirishda ayrim kamchiliklarga qilgan bo'lsa– 4 baxo (7-8.9%). • to'liq yechilmagan, formulalar hato keltirligan bo'lsa – 3 baxo (5-6.9%). • formulalar noto'g'ri tanlangan va noto'g'ri yechilgan bo'lsa – 2 baxo (0-5.9%) bilan baholanadi. **Jami yakuniy nazorat** • 5 baxo (27-30%). • 4 baxo (21-26.7%). • 3 baxo (18-20.7%). • 2 baxo (0-17.7%).
4.	**V. Ta'lim texnologiyalari va metodlari:** • jamoa bo'lib ishlash; • amaliy (og'zaki fiklash, tezkor savol-javoblar); • guruxdarda ishlash; • taqdimotlarni qilish; • mustaqil ishlash; • jamoa bo'lib topshiriqlar ustida ishlash.
5.	**VI. Kreditlarni olish uchun talablar:** Talaba ushbu fan bo'yicha belgilangan miqdordagi kreditlarni (6 kredit) qo'lga kiritish uchun semestr davomida 180 soatlik o'qish yuklamasini bajarishi kerak bo'ladi. Shundan 90 soat auditoriya mashg'uloti (dars vaqti), 90 soat mustaqil ta'lim (uyda va kutubxonada mustaqil o'qish) soati hisoblanadi. 1 kredit uchun belgilangan 30 soatlik o'qish yuklamasi bu fanni o'rganish uchun sarflanadigan jami harakatlar jamlanmasi bo'lib, unga nafaqat dars vaqti, balki talabaning fanni o'rganish uchun uyda va kutubxonada sarflagan vaqti, imtihonlar vaqti, umuman olganda talaba ushbu fanni o'zlashtirish uchun sarflagan barcha tizimli harakatlari vaqtini qamrab oladi. **Agar talaba o'rganayotgan fanning o'zlashtirish ko'rsatgichi 60% (3.00 baho) dan past bo'lgan taqdirda,** fan uchun ajratilgan kreditlar miqdorini to'plamaganligi sababli **akademik qarzdor talaba hisoblanadi. Shuningdek,** bir fanga ajratilgan auditoriya soatining **25 foizini** va undan ortiq soatni sababsiz qoldirgan talaba ushbu fandan chetlashtirilib, yakuniy nazoratga kiritilmaydi hamda mazkur fan bo'yicha tegishli kreditlarni o'zlashtirmagan hisoblanadi. Yakuniy nazorat turiga kiritilmagan yoki kirmagan, shuningdek, ushbu nazorat turi bo'yicha qoniqarsiz baho olgan talaba akademik qarzdor hisoblanadi. Akademik qarzdor talabalar ta'til vaqtida yoki keyingi semestrlar mobaynida tegishli fanlardan o'zlashtirilmagan kreditlar miqdoriga mos ravishda bazaviy to'lov-kontrakt miqdoridan kelib chiqqan holda to'lovni amalga oshirgandan so'ng o'zlashtirilmagan fanlarni o'z hisobidan qayta o'qish

huquqiga ega bo'ladi. (Asos: **O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 31-dekabrdagi 824-sonli "Oliy ta'lim muassasalarida ta'lim jarayonini tashkil etish bilan bog'liq tizimni takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risidagi" qarori)**

Talabalar bilimlari quyidagi jadval asosida o'lchaniladi (Asos:*Oliy ta'lim muassasalarida talabalar bilimini nazorat qilish va baholash tizimi to'g'risidagi nizomga ILOVA)*

Baholashni 5 baholik shkaladan 100 ballik shkalaga o'tkazish

JADVALI

5 baholik shkala	100 ballik shkala	5 baholik shkala	100 ballik shkala	5 baholik shkala	100 ballik shkala
5,00-4,96	100	4,30-4,26	86	3,60-3,56	72
4,95-4,91	99	4,25-,4,21	85	3,55-3,51	71
4,90-4,86	98	4,20-4,16	84	3,50-3,46	70
4,85-4,81	97	4,15-4,11	83	3,45-3,41	69
4,80-4,76	96	4,10-4,06	82	3,40-3,36	68
4.75-4,71	95	4,05-4,01	81	3,35-3,31	67
4,70-4,66	94	4,00-3,96	80	3,30-3,26	66
4,65-4,61	93	3,95-3,91	79	3,25-3,21	65
4,60-4,56	92	3,90-3,81	78	3,20-3,16	64
4,55-4,51	91	3,85-3,81	77	3,15-3,11	63
4,50-4,46	90	3,80-3,71	76	3,10-3,06	62
4,45-4,41	89	3,75-3,71	75	3,05-3,01	61
4,40-4,36	88	3,70-3,66	74	3,00	`60
4,35-4,31	87	3,65-3,61	73	3,0 dan kam	60 dan kam

Fanga ajratilgan kreditlar talabalarga har bir semestr bo'yicha nazorat turlaridan ijobiy natijalarga erishilgan taqdirda taqdim etiladi.

Fan bo'yicha talabalar bilimini baholashda oraliq (ON) va yakuniy (YaN) nazorat turlari qo'llaniladi. Nazorat turlari bo'yicha baholash: 5 – "a'lo", 4 – "yaxshi", 3 – "qoniqarli", 2 – "qoniqarsiz" baho mezonlarida amalga oshiriladi.

Oraliq nazorat o'quv semestrida bir marta yozma ish shaklida o'tkaziladi.

Talabalar semestr davomida fanga ajratilgan amaliy (seminar) mashg'ulotlarda muntazam, har bir mavzu bo'yicha baholanib boriladi va o'rtachalanadi. Bunda talabaning amaliy (seminar) mashg'ulot hamda mustaqil ta'lim topshiriqlarini o'z vaqtida, to'laqonli bajarganligi, mashg'ulotlardagi faolligi inobatga olinadi.

SHuningdek, amaliy (seminar) mashg'ulot va mustaqil ta'lim topshiriqlari bo'yicha olgan baholari oraliq nazorat turi bo'yicha baholashda inobatga olinadi. Bunda har bir oraliq nazorat turi davrida olingan baholar o'rtachasi oraliq nazorat turidan olingan baho bilan **qayta o'rtachalanadi.**

O'tkazilgan oraliq nazoratlardan olingan baho oraliq nazorat natijasi sifatida qaydnomaga rasmiylashtiriladi.

Yakuniy nazorat turi semestr yakunida tasdiqlangan grafik bo'yicha yozma ish shaklida o'tkaziladi.

Oraliq (ON) va yakuniy (YaN) nazorat turlarida:

Talaba mustaqil xulosa va qaror qabul qiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi,

	ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda – **5 (a'lo) baho**; Talaba mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda – **4 (yaxshi) baho**; Talaba olgan bilimini amalda qo'llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega deb topilganda – **3 (qoniqarli) baho**; Talaba fan dasturini o'zlashtirmagan, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunmaydi hamda fan (mavzu) bo'yicha tasavvurga ega emas, deb topilganda – **2 (qoniqarsiz) baho** bilan baholanadi.
6.	**Asosiy adabiyotlar:** 1. Douglas C. Giancoli. Physic sprinciples with applications. 2014 2. Tursunmetov K.A., Daliev X. S. Mexanika. T. Universitet - 2000. 3. Aleshkevich V.A Kurs obshey fiziki. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Mexanika - M.: Fizmatlit, 2016. 3. Jearl Walker. Fundamentals of fhysics. 2007. CERN 1541 p. (514 p.) 4. Sivuxin D.V Umumiy fizika kursi. Mexanika. O'qituvchi . Toshkent-1984. 5. Strelkov S.P. Mexanika-Toshkent, o'qituvchi, 1977. 6. CHertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'zbekiston, 1988 y. 7 Sedrik M.S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Toshkent, O'qituvchi. 8. Matveyev A.N. Матвеев А.Н. Mexanika -M.: Visshaya shkola, 1981. 9. Kikoin Mexanika **Qo'shimcha adabiyotlar** 1. O'zbekiston Respublikasi prezidentining 2017 yil 14 fevraldagi 2017-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvoe yo'nalishi bo'yicha Harakatlar strategiyasi 2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyundagi "2019-2023 yillarda Mirzo Uleg'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetida teleb yuqori bo'lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish va ilmiy salohiyatini rivojlantirish chora taqbirlari to'g'risida" gi PQ-4358 sonli qarori. 3. SH.M.Mirziyoyev "Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash – yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi" Toshkent-«O'zbekiston» - 2017.48 bet. 4. SH.M.Mirziyoyev "Milliy tiklanishdan milliy tiklanishdan milliy yuklanish sari ". Toshkent - " Yoshlar nashriyot uyi"- 2019. 158 bet. 5. Ahmadjonov O.I. Fizika kursi. Mexanika va molekulyar fizika. Toshkent, o'qituvchi, 1985. 6.Xaykin S. E. Fizicheskiye osnovi mexaniki. M. "Nauka" 1971 g. 7.Volbkenshteyn V.S. "Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami" T. 1969. 8.Strelkov S.P. va boshqalar. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. Mexanika. Toshkent, o'qituvchi, 1981. **Axborot manbalari** 1. Animatsion rolik (http:www.upscale.utorouto.ca. ва html,http:tical ua.es). 2. Fizika "Physicon". . 3. Fizikadan o'quv kinofilmlari. 4. Ko'rgazmali rangli rasmlar (http:www.hord Wareandlysis com.). 5. Phusics onlien". 6. www.cultinfo./fulltext/l/008/077/561/htm 7. www.en/edu.ru. Portal
7.	Mazkur fanning O'quv dasturi "Fizika" kafedrasining 2023 yil 28-avgustdagi 1- sonli yig'ilishida muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan. Mazkur fanning O'quv dasturi "Fizika" fakultetining 2023 yil 29-avgustdagi 1- sonli Kengashida

	ko'rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan. NamDU o'quv-uslubiy kengashining 2023 yil 30-avgustdagi 1- sonli majlisida majlisida muhokama qilingan va tasdiqlangan. .
8	**Fan/modul uchun mas'ul:** A.B. Nabiyev - Namangan davlat universiteti fizika kafedrasi dotsenti
9	**Taqrizchilar:** X.O.Qo'chqarov - Namangan davlat universiteti fizika kafedrasi dotsenti Sh. Inoyatov- Namangan davlat universiteti fizika o'qitish metodikasi kafedrasi mudiri.

NamDU o'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i **X. Mirzaaxmedov**

Fizika fakulteti dekani **O.Ismanova**

Fizika kafedrasi mudiri **B.Abdulazizov**

Tuzuvchi **A.Nabiyev**

MEXANIKA FANIDAN TEST MATERIALLARI

№ 1 Fan bobi – 4; Fan bo'limi – 4,4;Qiyinlik darajasi – 2;

Massasi 4 t bo'lgan avtomobil gorizont bilan 30° burchak tashkil qilgan qiya tekislikdan tekis harakat qilib yuqoriga ko'tarilishi uchun motorning tortish kuchi qancha bo'lishi kerak? Ishqalanish kuchi avtomobil og'irligining 0,1 qismiga teng ($g=10m/s^2$ deb oling).
24.10^3N
13.10^4N
23.10^4N
30.10^4N

№2 Fan bobi – 8; Fan bo'limi – 8,6;Qiyinlik darajasi – 3;

Inertsiya momenti 50kg.m^2 bo'lgan g'ildirak 40 rad/s o'zgarmas bo'rchak tezlik bilan aylanayotir. Uni tormozlanganda 20 s ichida to'xtadi. Tormozlovchi M kuch momentini toping.(Nm
100 Nm
150 Nm
200 Nm
250 Nm

№ 3 Fan bobi –9 ; Fan bo'limi – 9,1;Qiyinlik darajasi –2 ;

Yer sirtidan qanday balandlikda erkin tushish tezlanishi Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishini 25% ni tashkil qiladi?
$h=R_{yer}$
$h=2,5\ R_{yer}$
$h=1,5\ R_{yer}$
$h=0,5\ R_{yer}$

№ 4 Fan bobi –9 ; Fan bo'limi –9,2 ;Qiyinlik darajasi –2 ;

Garmonik tebranayotgan jism muvozanat nuqtasidan amplitudasi-ning yarmiga teng bo'lgan masofaga qancha vaqt ichida siljiydi. Tebranish davri 24 s. Boshlang'ich fazasi 0 ga teng.
2 s
1,2 s
2,5 s
1 s

№ 5 Fan bobi – 3; Fan bo'limi –3,1 ;Qiyinlik darajasi –1 ;

Qo'yidagi jumlaning mazmuniga mos gapni davom ettiring: Aylana bo'ylab tekis harakatda tezlanish vektori.....

moduli o'zgarmas bo'lib, yo'nalishi esa uzluksiz o'zgarib turadi
a>0 holda modul va yo'nalishi o'zgarmaydi a <0 holda modul va yo'nalishi o'zgarmaydi
modul va yo'nalishi o'zgarib turadi

№ 6 Fan bobi – 12; Fan bo'limi –12,1 ; Qiyinlik darajasi – 1;

Moddiy nuqta harakat tenglamasi $x=0,2t^2$ ko'rinishda bo'lsa, u qanday harakatda bo'ladi?
$\upsilon_0=0$, $a=0,4$ m/c^2 tekis tezlanuvchan harakat
$a=0,2$ m/c^2 tekis sekinlanuvchan harakat
$\upsilon_0=0$, $a=0,2$ m/c^2 tekis tezlanuvchan harakat
$a=0,4$ m/c^2 tekis sekinlanuvchan harakat

№ 7 Fan bobi –4 ; Fan bo'limi –4,4 ;Qiyinlik darajasi – 2;

Jism qiya tekislikdan sirpanib tushmoqda. Ishqalanish koeffitsienti μ . Berilgan shartlardan qaysi biri bajarilganda jism qiya tekislikda tinch holatda qoladi
μ>tgα
μ=tgα
μ-tgα
μ+tgα

№ 8 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,1; Qiyinlik darajasi –1;

Berilgan tenglamalar orasida mexanik ish ifodasi toping.
$A = F \cdot S \cdot Cos\alpha$
$A = q(\varphi_2 - \varphi_1);$
$A = UIt$
$A = I^2Rt$

№9 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –1;

Quyidagi jumlaning mazmuniga mos ravishda gapni davom ettiring: Aylana buylab tekis harakatda chizig'iy tezlik vektorining .....
Moduli o'zgarmas bo'lib, yo'nalishi esa uzluksiz o'zgarib turadi
Moduli va yo'nalishi o'zgarmas saqlandi
Moduli tekis oshib, yo'nalishi o'zgarmay qoladi
Moduli tekis kamayib, yo'nalishi o'zgarmaydi

№ 10 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –2;

Og'irligi 36 N ga teng bo'lgan pukakdan yasalgan kutkazish chasbaragining suvda kutarish kuchi topilsin. Suv zichligi 1000 kg/m^3, pukak zichligi 200 kg/m^3 .
144N
180N

170N
100N

№ 11Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,10; Qiyinlik darajasi –1;

800 g Massali tinch turgan raketa ichidan 15 g gaz massasi 800 m/s tezlik bilan bir onda otilib chiqsa, raketa qanday tezlikka erishadi?
15m/s
-10m/s
-40m/s
40 m/s

№ 12 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,5; Qiyinlik darajasi –2;

Avtomobil massasi 3,6 t. Uning og'irlik markazi g'ildiraklarning o'qlari orasidagi masofani 1:3 nisbatdagi kesmalarga bo'ladi. Har bir juft g'ildirakning yo'lga berayotgan bosim kuchini toping.
9 kN, 27 kN
12 kN, 24 kN
18 kN, 8 kN
3 kN, 9 kN

№ 13 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –3;

Gidravtik press kichik porshenining yuzi 5sm^2, unga 100 N kuch ta'sir etmoqda. Katta porshenь yuzi 100sm^2. Suyuqlik katta porshenь yuziga qanday bosim beradi?
200 kPa
20 kPa
2000 kPa
500 kPa

№14 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 2 kg va tezligi 3 m/s bo'lgan jism massasi 3 kg va tezligi 1 m/s bo'lgan jismni quvib yetib unga yopishib qoladi. Jismlarning tuqnashgandan keyingi tezligi topilsin.
1,8 m/s
1,2 m/s
9 m/s
18 m/s

№ 15Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –1;

Biror balandlikdan gorizontal otlayotgan jismning otilish tezligi 2 marta oshirilsa, uning harakatlanish vaqti qanday o'zgaradi?
o'zgarmaydi
2 marta kamayadi
2 marta ortadi

4 marta kamayadi

№ 16 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 200 kg bo'lgan yuk gorizont bilan 30° burchak hosil qiluvchi qiya tekislik bo'ylab 10 m balandlikka tekis ko'tariladi. Og'irlik kuchi bajargan ishni toping? (q=10 m/s deb hisoblang).
10 kJ
-10kJ
20 kJ
40 kJ

№ 17Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,3; Qiyinlik darajasi –3;

m=1 kg massali jism gorizontga 30° burchak ostida ta'sir etayotgan 2 N kuch ta'sirida gorizontal tekislik bo'ylab harakatlanmoqda. Ishqalanishni hisobga olmagan holda jismni tekislikka qanday kuch bilan bosayotganini aniqlang.
8,8N
11,8N
1N
3N

№ 18Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –2;

60 N kuch jismga 0,8 m/s^2 tezlanish beradi. Bu jismga qanday kuch 2 m/s^2 tezlanish beradi?
150N
100N
50 N
10 N

№ 19 Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,4; Qiyinlik darajasi –2;

Avtomobil 23 t yukni 2.3 kN kuch bilan tortayotgan bo'lsa, ishqalanish koefitsienti qanday?
0,01
0,02
0,1
0,001

№ 20 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,1; Qiyinlik darajasi –1;

Mexanik energiyaning SI sistemasidagi birligi qanday?
Joul
Erg
Kaloriya
K Joul

№ 21Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,1; Qiyinlik darajasi –1;

Erkin tushayotgan jismning yerga urilish paytidagi tezligi 40 m/s bo'lsa, u yassi qanday balandlikdan tushmoqda?
80 m
78 m
73 m
70m

№ 22Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jismni benzinga botirganda unga ta'sir etuvchi kuch 2,8 N. bo'lsa, jismni hajmi qanday ? (benzinni zichligi 700kg/m^3).
4.10^{-4} m^3
$6.10^{-3}m^3$
$8.10^{-3}m^3$
$7.10^{-3}m^3$

№ 23Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –3;

Tezligi v=170 m/s bo'lgan snaryad portlaydi. Snaryad portlagan nuqtadan S=1020m masofada turgan odamga portlpsh tovushi qancha vaqtdan keyin eshitiladi? Tovush tezligi 340 m/s ga teng.
3 s
3,5 s
2,5 s
2 s

№ 24Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Suvdagi og'irligi 10^5 N bo'lgan po'lat sharchani massasi qancha bo'ladi? Pulatni zichligi 7000 kg/m^3, suvniki esa 1000 kg/m^3.
7kg
6 kg
5 kg
9 kg

№ 25Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,1; Qiyinlik darajasi –3;

Matematik mayatnik ostida elektromagnit o'rnatilsa, uning davri qanday o'zgaradi?
Kamayadi
Ortadi
O'zgarmaydi
kamayib boradi

№ 26Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –1;

Qo'yidagi $X=30-100t+2t^2$ qonun bilan ro'y beruvchi harakat qanday turdagi

harakatni ifodalaydi?
Tekis tezlanuvchan
Tekis
Tekis sekinlanuvchan
Tezlanishi o’zgaruvchan

№ 27Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,5; Qiyinlik darajasi –2;

Jismni yelkalari teng bo’lmagan tarozining o’ng pallasiga, so’ngra o’ap pallasiga qo’yib tortishdi. Bu hollarda tarozini munozanatlovchi toshlar og’irligi mos ravishda 1 N va 1,44 N bo’lsa, jismning haqiqiy og’irligi qanday?
1,22 N
1,2 N
1,1 N
1,26 N

№ 28 Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Agar gorizontga nisbatan α burchak ostida otilgan jismning biror paytdagi chiziqli tezlanish a ga teng bo’lsa, shu paytdagi uning to’liq tezlanishi nimaga teng? Erkin tushish tezlanishi g ga teng.
g
g sinα
g +a
$\sqrt{g^2 + a^2}$;

№ 29Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,3; Qiyinlik darajasi –1;

Agar yuqoriga harakatlanayotgan lift tekis sekinlanuvchan harakat qila boshlasa, undagi yuk oqirligi qanday o’zgaradi?
Kamayib boradi
Ortib boradi
Kamayadi
Ortadi

№ 30Fan bobi –2; Fan bo’limi –2,4; Qiyinlik darajasi –2;

Sportchi birinchi 100 m likni 11s da, ikkinchisini 13s da, uchinchisini esa 16 s dabosib o’tgan bo’lsa, u qanday o’rtacha tezlik bilan harakat qilgan?
7,5 m/s
9 m/s
8 m/s
10,0 m/s

№ 31Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,7; Qiyinlik darajasi –2;

80 kg massali kishi o’zini o’zi blokdan orqon yordamida ko’tariyapti u qancha kuch ishlatishi kerak?

800 N
200 N
400 N
1600 N

№ 32Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,3; Qiyinlik darajasi –1;

Sekundiga 20 marta aylanayotgan ventilyator parragining aylanish davri qancha
50 ms
20 ms
0,5 s
500ms

№ 33Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –1;

Qo'yidagi jumlaning mazmuniga mos ravishda gapni davom ettiring: To'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatda tezlik vektorining .....
Moduli tekis kamayib, yo'nalishi o'zgarmaydi
Moduli tekis oshib, yo'nalishi o'zgarmay qoladi
Moduli va yo'nalishi o'zgarmas saqlanadi
Moduli va yo'nalishi o'zgarib turad

№ 34Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jism R radiusli aylana buylab V tezlik bilan aylanmoqda. Agar jism radiusi 2 R bo'lgan aylana bo'ylab V tezlik bilan aylansa, uning markazga intilma tezlanishi o'zgardimi, o'zgarsa qanday?
2 marta kamayadi
2 marta oshadi
O'zgarmaydi.
4 marta kamayadi

№ 35Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –1;

Avtomobil tinch holatdan 0,6 m/s^2 tezlanish bilan necha sekundda 30 metr masofanio'tadi?
105
150
180
200

№ 36Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,1; Qiyinlik darajasi –1;

Berilgan tenglamalar orasidan jism zichligi ifodasini toping
$\rho = m / v$
$d = \rho g;$
$d = P / V;$
$d = \rho l;$

№ 37Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,2; Qiyinlik darajasi –1;

Quyidagi jumlaning mazmuniga mos gapni davom ettiring: Bosim deb .....
Yuza birligiga normal ta'sir etuvchi kuchga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi
Kuchning yuzaga ko'paytmasiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi
Sirtga ta'sir etuvchi kuchga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi
Yuzaning kuchga nisbatiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi

№ 38Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,4; Qiyinlik darajasi –2;

Qanday harakat turida o'rtacha va oniy tezliklar modullari bir-biriga teng bo'ladi?
To'g'ri chiziqli tekis harakatda
To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan; harakatda
To'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatda
Notekis harakatda

№ 39Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 200 kg va uzunligi 5 m bo'lgan gorizontal holda yerda yotgan relьs bo'lagini tik holatga keltirish uchun qancha ish bajarish kerak?.
5 kJ
2,5 kJ
0.5 kJ
2

№ 40 Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,2; Qiyinlik darajasi –3;

Avtomobil gorizontal yo'lda tekis harakatlanayapti. Ishqalanish koeffitsienti 2 marta ortsa, tezligi uzgarmay qolishi uchun Avtomobil tortish kuchini qanday o'zgartirish kerak?
2 marta orttirish
2 marta kamaytirish
4 marta orttirish
4 marta kamaytirish

№ 41Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Zambarakdan gorizontga nisbatan 30^0 burchak ostida o'q 600 m/s tezlik bilan uchib chiqadi. O'qning harakat boshlangandan 40 s o'tgandan keyingi tezligini m/slarda toping
530
553
588
600

№ 42 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –1;

Jismning kinetik energiyasi deb, nimaga aytiladi? Jismning kinetik energiyasi deb uning ..... bog'liq bo'lgan energiyasiga

aytiladi.
Mexanik harakati
Zarralarning tinimsiz betartib harakati
Fazodagi vaziyati
Faqat ilgarilanma ko'chish harakat

№ 43Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Vazni 10 kg, xajmi 12,5 l bo'lgan tarvuz suvga tushib ketsa, xajmining qanday qismi suvga botadi?
0,8
0,6
0,25
0,5

№ 44Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,1; Qiyinlik darajasi –1;

Doira shaklidagi sirtga biror kuchning bosimi, sirt aylanasining diametri 2 marta ortganda qanday o'zgaradi?
4 marta kamayadi
4 marta ortadi
2 marta kamayadi
2 marta ortadi

№ 45Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Mototsiklchi birinchi 2 soatda 76 km yo'l bosdi. qolgan 10 soatda esa 50 km/ soat tezlik bilan harakat qildi. Mototsiklchining butun yo'l davomidagi o'rtacha tezligi qanday?
48 km/soat
35 km/soat
57 km/soat
80 km/soat

№ 46Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Minoradan gorizontal yo'nalishda ν_0 tezlik bilan otilgan jism minora asosidan minora balandligidan ikki marta katta masofaga borib tushgan bo'lsa, minora balandligini toping.
$\frac{\vartheta_0^2}{2g}$
$\frac{\vartheta_0^2}{g}$;
$\frac{2\vartheta_0^2}{g}$

$\frac{\vartheta}{\sqrt{2g}}$;

№ 47Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –1;

Reaktiv dvigatelning tortish kuchi 90 kN bo'lsa, massasi 60 t bo'lgan samolyotni tezlanishini toping?
1,5 m/s
0,1 m/s^2
2 m/s^2
0,5 m/s^2

№ 48Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 2 kg bo'lgan jismni 1 m balandlikka 3 m/s^2 tezlanishi bilan ko'tarilsa, qancha ish bajariladi?
26 J
28 J
20 J
10 J

№ 49Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,4; Qiyinlik darajasi –1;

Jismni kinetik energiyasini 2 martaga ortirish uchun uni tezligini necha marta ortirish kerak?
$\sqrt{2}$ marta
4 marta
2 marta
1,5 marta

№ 50Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,4; Qiyinlik darajasi –1;

Daryodagi suvning oqim tezligi 2 m/s bo'lib oqimga qarshi 4 m/s tezlikda borayotgan qayiqning suv oqimi bo'yicha tezligi qanday bo'ladi?
8 m/s
6 m/s
12 m/s
10 m/s

№ 51Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,4; Qiyinlik darajasi –2;

Jism yo'lni birinchi yarmini 3 m/s, ikkinchi yarmini esa 6m/s tezlik bilan bosib o'tgan bo'lsa, uni o'rtacha tezligini toping?
4 m/s
3,5 m/s
4,5 m/s
5 m/s

№ 52Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –2;

Og'irligi R=10000 N bo'lgan Avtomobil t=5 s ichida tezligini v_0=10 m/s dan v=5 m/s gacha kamaytirilsa, Avtomobil ta'sir qiluvchi kuchni toping.
1000N
500 N
1500N
2000N

№ 53Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,3; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 20 kg bo'lgan jism 6 s davomida erkin tushadi. Og'irlik kuchining ishini toping:
36 kJ
18 kJ
25 kJ
25 kJ

№ 54 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –1;

Quyidagi tenglamalardan qaysi biri tekis tezlanuvchi harakatni ifodalaydi?
$X=30t+t^2$
$X=10t-0,5t^2$
$X=30t-2t^2$
X=3+4t

№ 55Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jism gorizontga nisbatan $\alpha=30^0$ bo'rchak ostida v_0=80 m/s tezlik bilan otilgan bo'lsa, u Yerga qancha vaqtga qaytib tushadi?
8 s
10 s
20 s
6 s

№ 56 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jismni zichligi 1,2 g/sm^3 bo'lgan suyuqlikka tushirib tortilganda, tarozi jism og'irligi 2 marta kamayganini ko'rsatgan bo'lsa,jism zichligi nimaga teng?
2,4 g/sm^3
2,2 g/sm^3
2 g/sm^3
1,8 g/sm^3

№ 57Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,2; Qiyinlik darajasi –2;

Yuqoriga tik ravishda v_0=70 m/s tezlik bilan otilgan 1 kg massali jismning t=6 s

ohiridagi kinetik energiyasi qiymati qanday? g=10m/s^2 deb olinsin.
50 J
70 J
100 J
246 J

№ 58Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,6; Qiyinlik darajasi –2;

Yuqoridan tashlangan jismning tashlangan paytdagi to'liq energiyasi 750 J ga teng bo'lsa, yerga yetishiga 3m qolgandagi uning to'liq energiyasi nimaga teng?
750 J
770 J
730 J
720 J

№ 59Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,3; Qiyinlik darajasi –1;

Bikrligi 1000 N/m bo'lgan prujinaga 100g yuk osilgan bo'lsa, uning tebrangandagi tsiklik chastotasining qiymati nimaga teng?
100s^{-1}
10s^{-1}
1·s^{-1}
3,3·10^{2}s^{-1}

№ 60 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,1; Qiyinlik darajasi –2;

Og'irligi R bo'lgan chelak o'zgarmas a tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilmoqda. CHelak tubining yuzasi S, suv massasi m bo'lsa, suvning chelak tubiga bosimini aniqlang.
$\frac{m(g+a)}{S}$;
$\frac{mg}{S}$
gm;
$m(g+a)$;

№ 61 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –3;

Vaznsizlik holatida suvga botirligan hajmi 1sm^3 bo'lgan sharchaga ta'sir etayotgan Arximed kuchining qiymati nimaga teng?
0 N
0,98 N
9,8N
9,8kN

№ 62Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,4; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 20 kg bo'lgan jismning kinetik energiyasi 100 J ga ortgan bo'lsa, bunda uni ko'taruvchi kuch qancha ish bajargan?

100J
300J
700J
900J

№ 63Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,7; Qiyinlik darajasi –2;

100 N kuch ta'sirida jism shunday harakat qiladiki, uning bosib o'tgan mosafasi vaqtga qo'yidagicha bog'langandir: $S=A-Bt+Ct^2$. Bu yerda $C=2m/s^2$. Jism massasini toping.
25 kg
20 kg
30 kg
40 kg

№ 64Fan bobi –8; Fan bo'limi –8,6; Qiyinlik darajasi –2;

Quyidagi formulalarning qaysi birlari qattiq jismning aylanma harakatiga taalluqli? 1. $M = JE;$ 2. $M\vartheta_M = const;$ 3. $F\Delta t = \Delta(m\vartheta);$ 4. $K = J\omega;$ 5. $A = M\varphi;$ 6. $E_k = \frac{J\omega^2}{2};$ 7. $\vartheta = \sqrt{2qR}:$
1,4,5,6
1,3,5,7
2,3,4,6
2,4,5,6

№ 65Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,2; Qiyinlik darajasi –2;

Bola cho'zmada massasi 20g. bo'lgan toshni otganda cho'zma 10 sm uzayadi. CHo'zmani 1 sm o'zaytirish uchun 8 N kuch talab qiladi. Tosh qanday tezlik bilan otilgan?
$20\frac{м}{с};$
$10\frac{м}{с};$
$15\frac{ì}{ñ};$
$25\frac{м}{с};$

№ 66Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –2;

Og'irligi 500 N bo'lgan snaryad gorizontal yo'nalishida 500m/s tezlik bilan gorizontal yo'nalishda uchib, 36km/soat tezlik bilan ketayotgan vagonchani quvib yetadi va undagi qumga sanchilib qoladi? Vagoncha qanday tezlikka erishadi? Uning ichidagi kumi bilan og'irligi 4500N.
$59\frac{ì}{ñ}$;
$60\frac{м}{с}$;
$58\frac{м}{с}$;
$57\frac{м}{с}$;

№ 67 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,1; Qiyinlik darajasi –1;

Qo'yidagi formuladan fizik mayatnikning tebranish davrini ifodalovchi formulani ko'rsating.
$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$;
$T = 2\pi\sqrt{\frac{t}{mgl}}$;
$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{g}}$;
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$;

№ 68 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,1; Qiyinlik darajasi –1;

Tebranayotgan prujinali mayatnikning amplitudasi 10 sm bo'lib, maksimal kinetik energiyasi 2 J. prujinaning bikirligi qanchaga teng?
$400\frac{N}{m}$;
$300\frac{N}{m}$;
$40\frac{N}{m}$;
$405\frac{N}{m}$;

№ 69Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –2;

Quyidagi jumlaning mazmuniga mos gapni davom ettiring: To'g'ri chiziqli tekis

sekinlanuvchan harakatda tezlanish vektori...
a<0 holda moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi
Nolga teng
a>0 holda moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi
Modul va yo'nalishi o'zgarib turadi

№ 70 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –1;

Berilgan tenglamalardan boshlang'ich tezlikka ega bo'lgan tekis tezlanuvchan harakat uchun tezlik ifodasini toping.
* $V = V_0 + at;$
$V = \sqrt{2aS};$
$V = S / t;$
$V = V_0 - at;$

№ 71Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,2; Qiyinlik darajasi –2;

Jism qiya tekislikdan tezlanish bilan sirpanib tushmoqda. Ishqalanish koeffitsienti μ . Berilgan tenglamalar orasidan jismga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchining ifodasini toping.
* $F = \mu P \cos\alpha;$
$F = ma;$
$F = \mu P;$
$F = P \sin\alpha;$

№ 72 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –2;

Qanday kuch jismni 0,2 m masofaga kuchirganda, 100 J ish bajaradi?

500N;
100N
200N;
50N;

№ 73Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,3; Qiyinlik darajasi –1;

Quyidagi jumlaning mazmuniga mos ravishda gapni davom ettiring. Jismning boshlangich vaziyati bilan keyingi vaziyati tutashtiruvchi yo'nalgan to'g'ri chiziq kesmasi..... deb aytiladi.
Ko'chish
mexanik yarakat
Traektoriya
Yo'l

№ 74 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –1;

To'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanuvchi jismni harakat tenglamasi $x = x_0 + \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$ ko'rinishda berilgan. Bu ifoda to'g'ri chiziqli tekis harakat tenglamasini ifodalashi uchun qanday shart bajarilish kerak?
$a = 0$
$x_0 = 0;$
$\vartheta_0 = 0, a = 0$
$\vartheta_0 = at$

№ 75Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,4; Qiyinlik darajasi –2;

Taxtani teshib o'tish natijasida o'qning tezligi 2 marta kamaydi. O'qning dastlabki energiyasini qancha qismi taxtani teshib utishga sarf bo'lgan?
3/4
1/4
1/2
2/3

№ 76 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –1;

Avtomobil yo'lning to'g'ri chiziqli gorizantal qismida doimiy tezlik bilan harakat qilmoqda. Avtomobilga qo'yilgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi F haqida nima deyish mumkin.
F=0
Yuqoriga yo'nalgan
Pastga yo'nalgan
Oldinga yo'nalgan

№ 77Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,8; Qiyinlik darajasi –1;

Agar jismning massasi 3 marta kattalashib, tezligi esa 2 marta kamaysa, uning impulьsi qanday o'zgaradi?
1,5 marta ortadi
2,5 marta ortadi
1,5 marta kamayadi
6 marta ortadi

№ 78 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –1;

Jismning potentsial energiyasi deb nimaga aytiladi? Jismning potentsial energiyasi deb, uning .... bog'liq bo'lgan energiyasiga ayiladi.
Fazodagi vaziyatga
Zarralarning betartib harakati
Mexanikaviy harakati
Aylanma harakati

№ 79 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,3; Qiyinlik darajasi –2;

Ertalab avtobus yo'lga chiqib, kechqurun avtobazadagi o'z o'rniga qaytib keldi. SHunda hisoblagichning ko'rsatishi 500 km ga ortdi. Avtobusning yo'li L va ko'chish moduli S nimaga teng?
L= 500km, S=0
L=0, S=500km
L= 250 km, S= 500 km
S= 250 km, L= 500 km

№ 80Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Xajmi 2 l bo'lgan kastryulka suv bilan to'ldirilgan. Unga xajmi 0,3 l va massasi 0,6 kg bo'lgan jism tushirilganda, qancha suv oqib tushadi?
0,3 kg
0,6 kg
0,8 kg

1,7 kg

№ 81 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,1; Qiyinlik darajasi –2;

G'ildirak 100 rad/s burchak tezlik bilan aylanmoqda. 20 s davomida u necha marta aylanadi?
318
628
1000
2000

№ 82 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,4; Qiyinlik darajasi –3;

Massasi 0,5 kg bo'lgan to'p 6 metr balandlikdan erkin tushadi va yerdan sakraydi. Yer bilan to'qnashishjarayonida energiyaning 60% ni yo'qatadi. To'p yerdan qanday balandlikka ko'tariladi.
2,4 m
3,4 m
4,4 m
2 m

№ 83Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,3; Qiyinlik darajasi –2;

2 N kuch ta'sirida prujina 4 smga cho'zilgan bo'lsa, Prujina bikrligi qancha?
50 N/m
0,5N/m
5N/m
10 N/m

№ 84Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,1; Qiyinlik darajasi –1;

Tebranish davri 2 s bo'lgani matematik mayatnikning uzunligi qancha?
1 m
1,25 m
2 m
2,5 m

№ 85Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –1;

Avtomobil 10m/s tezlik bilan haraktlayotganda 2,7 kN kuch bilan ta'sir etsa, avtomobilni quvvati qanday?
27 kVt
2,7 kVt
2 kVt

2,4 kVt

№ 86Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,2; Qiyinlik darajasi –2;

Yuqoriga otilgan tosh 20m balandlikka kutarilsa, u otilgan paytdan boshlab qancha vaqtdan keyin yerga tushadi?
4 s
3 s
3,5 s
4,5 s

№ 87Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,1; Qiyinlik darajasi –1;

Matematik mayatnikni harkati x=3 sin(5t) tenglama bilan aniqlansa, uni uzunligini toping.
40 sm
30 sm
50 sm
45 sm

№ 88 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,6; Qiyinlik darajasi –2;

Yer sirtidan qanday balandlikda jismning og'irligi Yer sirtidagidan 4 marta kichik bo'ladi?
R;
4R
3 R:
2 R;

№ 89Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,6; Qiyinlik darajasi –3;

Harakat tenglamasi $X=30-5t^2$ bo'lgan jism dastlabki 4 s ichida qancha yo'l bosib o'tadi?
80 m
60 m
50m
100m

№ 90 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Jismning Yerdan h=20 m balandlikdagi tezligi v =15 m/s, bo'lsa u Yerga qanday tezlik bilan tushadi?
25m/s
33 m/s
125m/s
30 m/s

№ 91Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Ikki Avtomobil tezliklari bir-biriga teng va $v_1=v_2=60$km/soat bo'lib ular bir-biriga nisbatan 120° burchak ostida uzoqlashayotgan bo'lsa, ularning natijaviy tezligi qiymati nimaga teng?
60km/soat
80 km/soat
50km/soat
123 km/soat

№92 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –1;

Matematik mayatnikning uzunligi to'rt marta ortsa, uning tebranish chastotasi qanday o'zgaradi?
2 marta kamayadi
o'zgarmaydi
4 marta kamayadi
2 marta ortadi

№ 93Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –1;

x=12 cos (5t+π/6), sm qonun bilan tebranayotgan nuqtaning masimal tezligi qiymati qanday bo'ladi?
0,6 m/s
6 m/s
2 m/s
1m/s

№ 94Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –1;

Jismning harakat yo'nalishiga $\alpha=60^0$ burchak ostida ta'sir qilayotgan 40 N kuch qanday masofada 300 J ish bajariladi?
15 m
60m
25 m
40 m

№ 95Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jismning gorizontal yo'nalishda v_0 tezlik bilan otilgandan t vaqt o'tgandan so'ng tezligi toping?
$\sqrt{\vartheta_0^2 + g^2t^2}$;
$\vartheta_0 - gt$;
$\vartheta_0 + gt$;
$2\vartheta_0$

№ 96Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –2;

Gorizontal o'q atrofida unga 90° burchak ostida uzunligi 1,5 m ipga osilgan 3 kg massali jism 1 m/s tezlik bilan aylanmoqda. Troektoriyaning eng qo'yi nuqtasida ip uzilib ketmasligi uchun u qanday minimal kuchga chidashi kerak?
32 N
3 N
30 N
5 N

№ 97Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi m tezligi v gat eng bo'lgan huddi shunday massali tinch turgan shar bilan markaziy elastic to'qnashdi. Ikkinchi sharning to'qnashishdan keyingi kinetic energiyasi nimaga teng bo'ladi?
$\frac{mv^2}{2}$
$\frac{mv^2}{4}$
0
$\frac{mv^2}{8}$

№ 98Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –1;

Elastiklik modullari $E_1 = 2E_2$ uzunliklari $l_1 = 2l_2$ diametrlari $d_1 = 2d_2$ bo'lgan ikki simga $F_1 = 2F_2$ cho'zuvchi kuchlar qo'yilgan. Ularning absalyut cho'zilishlari nimaga teng.
$\Delta l_2 = 2\Delta l_1$
$\Delta l_2 = 4\Delta l_1$
$\Delta 4l_2 = \Delta l_1$
$2\Delta l_2 = \Delta l_1$

№ 99Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –3;

Chuqurligi 5 m bo'lgan suyuqlik tubida zichligi 600 kg/m^3 bo'lgan jism bor. Suyuqlikning zichligi 1200 kg/m^3. Jism suyuqlik yuziga chiqqanida uning tezligi qanday bo'ladi? (g=10 m/s^2).
10 m/s
5 m/s
2,5 m/s
8 m/s

№ 100 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –2;

2 kg massali jismning tezligi 10 s da 4 m/s dan 10 m/s gacha o‘zgargan bo‘lsa, unga ta’sir etgan kuchning miqdorini toping (N).
1,2
10
0,02
6

№ 101 Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,3; Qiyinlik darajasi –3;

Gorizontga burchak ostida otilgan 2 kg massali jismning umumiy uchish vaqti 6 s bo‘lsa, jism ko‘tarilgan eng yuqori nuqta balandligining yarmi necha metr (m)?
22,5
33,5
25
45

№ 102 Fan bobi –3; Fan bo’limi –3,36; Qiyinlik darajasi –1;

O’zgarmas burchak tezlik bilan aylanayotgan doira shaklidagi platforma gardishida odam turibdi. Agar odam doira markazi tomon harakatlana boshlasa, unga ta’sir etayotgan markazdan qochma kuch qanday o’zgaradi?
kamayib boradi
ortib boradi
o’zgarmaydi
odamning massasiga bog’liq

№ 103 Fan bobi –9; Fan bo’limi –9,1; Qiyinlik darajasi –2;

Yer sirtidan 49600 km masofada harakatlanayotgan yo‘ldoshning aylanish davri Yer yuzidan 600 km balandlikda harakatlanayotgan yo‘ldoshning aylanish davridan necha marta katta?
$16\sqrt{2}$
3
4
5

№ 104 Fan bobi –9; Fan bo’limi –9,2; Qiyinlik darajasi –3;

Kosmik kemaning ko‘tarilishida o‘lchov asboblari erkin tushish tezlanishini 2,5 m/s^2 ekanini ko‘rsatgan bo‘lsa, kemaning Yer sirtidan ko‘tarilgan balandligini toping. (R_{YER}=6400 km, g_{YER}=10 m/s^2).
6400 km
3200 km
12800 km
12800 km

№ 105 Fan bobi –6; Fan bo’limi –6,2; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 8 kg bo'lgan jismga 84 N kuch ta'sir qilmoqda. Agar jismning yer bilan ishqalanish koeffitsiyenti 0,4 ga teng bo'lsa, jism qanday tezlanish bilan harakatlanadi? (g=10 m/s^2).
6.5
0.8
1
1.2

№ 106 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Aylanasining uzunligi $\sqrt{16\pi}$ sm bo'lgan bir jinsli sim o'ziga osilgan 8 kg massali yuk ta'sirida cho'zildi va nisbiy uzayish 0,02 ga teng bo'ldi. Shu sim uchun Yung modulini toping. (g=10 m/s^2).
10 MPa
3,25
4 kPa
2 MPa

№ 107 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Ichida noma'lum suyuqlik bo'lgan idishga radiusi 1 mm bo'lgan kapillyar naycha tushirildi. Agar suyuqlik naycha ichida 20 sm balandlikka ko'tarilgan bo'lsa, noma'lum suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini toping (N/m). (suyuqlik zichligi 800 kg/m^3; g=10 m/s^2).
0.8
2
23
0.4

№ 108 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –3;

125 m balandlikdan erkin tashlab yuborilgan jismning kinetik energiyasi 3 s dan keyin potensial energiyasidan necha marta kam bo'ladi?
1,77 marta
1,56 marta
4 marta
5 marta

№ 109 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –3;

Erkin tushayotgan jism oxirgi sekundda 45 m yo'l o'tgan bo'lsa, jismning butun harakati davomidagi o'rtacha tezligini toping. (g=10 m/s^2).
25 m/s
26 m/s
30 m/s

20 m/s

№ 110 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –2;

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning parvozi mobaynidagi minimum tezligi 15 m/s, maksimum tezligi esa 30 m/s bo‘lsa, otilish burchagini toping. (g=10 m/s^2).
60°
arccos 0,96
30°
45°

№ 111 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Yuk osilgan simni ikki buklab, yana shu yuk osilsa, absolyut uzayish qanday o‘zgaradi?
4 marta kamayadi
2 marta ortadi
o‘zgarmaydi
2 marta kamayadi

№ 112 Fan bobi –; Fan bo'limi –; Qiyinlik darajasi –;

Uchayotgan snaryad bir xil massali ikkita bo‘lakka parchalandi. Bo‘laklar tezliklarining modullari 300 m/s va 400 m/s, tezlik vektorlari yer sirtiga nisbatan parallel va ular orasidagi burchak 90°. Snaryadning parchalanishgacha bo‘lgan tezligini toping.
250 m/s
350 m/s
500 m/s
100 m/s

№ 113 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –1;

Agar suv oqayotgan quvurning diametri 2 marta kattalashtirilsa, suvning oqish tezligi qanday o‘zgaradi?
4 marta kamayadi
2 marta kamayadi
3 marta kamayadi
2 marta ortadi

№ 114 Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –1;

110 kVt quvvatga erishadigan va bir soatda 28 kg dizel yonilg‘isi sarflaydigan traktor dvigatelining FIK ini toping. (Dizelning solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg)
33.6

30
20.1
5.25

№ 115 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –1;

Tik yuqoriga tosh 40 m/s tezlik bilan otildi.Qanday balandlikda uning kinetik energiyasi potensial energiyasidan 3 marta katta bo'ladi?
20 m
30 m
40 m
60 m

№ 116 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –1;

Erkin tushuvchi jism oxirgi 1s davomida 55 m ni o'tdi,tushish balandligini aniqlang.
180 m
195 m
60 m
120 m

№ 117 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Massali m, radiusi r bo'lgan bir jinsli silindrning o'z o'qiga nisbatan inersiya momenti nimaga teng.
$mr^2/2$
$mr^2/5$
$mr^2/12$
$mr^2/7$

№ 118 Fan bobi –3; Fan bo'limi – 3,36; Qiyinlik darajasi –1;

Yer shari ekvatoridagi buyumlarning og'irligi haqiqiy og'irligidan 2 marta yengil bo'lishi uchun, sutkaning davomiyligi qanday bo'lishi lozim (min)?(R_{YER}=6400 km, g=10 m/s^2, π^2=10).
119,2
84,3
160,6
63,4

№ 119 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,1; Qiyinlik darajasi –3;

4 m/s tezlik bilan kelayotgan 5 kg massali sharcha tinch turgan boshqa 4 kg massali huddi shunday sharchaga 1–holda elastik, 2–holda noelastik urildi. To'qnashishlardan keyingi sistemalarning impulslari modullari ko'paytmasini ($P_1 \cdot P_2$) toping (kg·m/s).
400
20

100
40

№ 120 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,2; Qiyinlik darajasi –3;

Eni va bo'yi 20 sm, balandligi 2 m bo'lgan, yotiq holatda turgan jismni tikka qilish uchun qancha ish bajarish kerak? (m=3 kg, g=10 m/s^2).
27 J
60 J
9 J
300 J

№ 121 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –1;

To'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanuvchi jismning harakat tenglamasi $x = x_0 + \dot{x}t + \frac{\ddot{x}t}{2}$ ko'rinishda berilgan. Bu ifoda to'g'ri chiziqli tekis harakat tenglamasini ifodalashi uchun qanday shart bajarilishi kerak.
$\ddot{x} = 0;$
$\dot{x} = 0;$
$x_0 = 0;$
X= 0;

№ 122 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Nuqtaning koordinata usulida berilgan harakat tenglamalariga ko'ra uning traektoriya tenglamasi topilsin. x=3t-5, y0=4-2t.
2x+3y-2=0
3t-5+4-2t=0
3t-5-y-2t=0
5x+6y-6=0

№ 123 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –2;

Nuqta harakatining berilgan tenglamalariga qarab uning traektoriyasi tenglamasi topilsin. x=3t^2, y=4t^2.
3y-4x=0
4x-2y=0
3x+4y=0
x+4y=0

№ 123 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –2;

Poezd 20m/s tezlik bilan harakat qiladi. Tormoz qilinganda u 0,4 m/s^2 ga teng sekinlanish oladi. Poezdni stantsiyaga kelmasdan qancha narida tormozlay boshlash kerakligi topilsin.
50s, 500m
50s,400m
40s,400m
40s, 300m

№ 125 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –2;

Samolyotning yerga qo'nish tezligini 400 km/soat deb hisoblab, qo'nish vaqtida samolyotning S=1200 m li yo'lda sekinlanishi aniqlansin. Sekinlanish doimiy deb hisoblansin.
$\omega = 5 m/s^2$
$\omega = 4,5 m/s^2$
$\omega = 6 m/s^2$
$3,5 m/s^2$

№ 126 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –1;

Massasi 200 g bo'lgan jism 50m/s boshlang'ich tezlik bilan vertikal yuqoriga otildi. Ikkinchi sekundning oxirida jismning potentsial energiyasini (j) toping.
160
60
100
120

№ 127 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –2;

Qanday jism mutlaq qattiq jism hisoblanadi?
biror harakat davomida jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmasa
xarakat davomida jism yegilmasa
jismni tashkil yetgan nuqtalar xajm bo'ylab teng taqsimlangan bo'lsa
jismga siquvchi kuch ta`sir yetganda siqilmasa

№ 128 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –2;

Tezlik vektorining godografi deb nimani aytiladi?
Tezlik vektori uchining koordinata boshiga nisbatan chizgan chizig'ini
tezlik vektorini
tezlik vektorini traektoriyaga urinma yo'nalishini

aylana yegri chizig'ini

№ 129 Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –1;

Burchak tezlik deb nimaga aytiladi ?
vaqt birligi ichidagi burilish burchagiga
burchakni radiusga bo'linmasiga
burchakni radiusga ko'paytmasiga
xarakat teng-lamasidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli xosilaga

№ 130 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –1;

Koriolis tezlanishini ifodasini ko'rsating
$\overline{w} = 2[\overline{w}\,\overline{\upsilon}_r]$
$w = \frac{d^2x}{dt^2}$
$v = \frac{dx}{dt}$
$w = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$

№ 131 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,1; Qiyinlik darajasi –1;

Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlanishini ifodasini ko'rsating
$\overline{W}_a = \overline{W}_e + \overline{W}_r + \overline{W}_k$
$W = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$
$\overline{W}_a = \overline{W}_e + \overline{W}_r$
$w = \frac{d^2x}{dt^2}$

№ 132 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma xarakati deb nimaga aytiladi ?
harakat davomida jismning ikkita nuqtasi qo'zg'almasdan qolsa
harakat davomida jismning bitta nuqtasi qo'zg'almasdan qolsa
jismning burchak tezligi o'zgarmasdan qoladigan xarakatga
jismning yumalab xarakatlanishiga

№ 133 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,36; Qiyinlik darajasi –2;

Burchak tezlanish deb nimaga aytiladi ?
burchak tezlikning vaqt birligi ichida o'zgarishiga
chiziqli tezlikning o'zgarishiga
nuqta koordinatasining o'zgarishiga

burchak tezlikning radiusga ko’paytmasiga

№ 134 Fan bobi –9; Fan bo’limi –9,1; Qiyinlik darajasi –1;

Qanday harakat garmonik harakat deyiladi ?
Nuqtaning sinus yoki kosinus qonuni bo’yicha xarakatini
nuqtaning yegri chiziqli harakatini
nuqtaning to’g’ri chiziqli harakatini
nuqtaning aylana bo’ylab harakatini

№ 135 Fan bobi –2; Fan bo’limi –2,5; Qiyinlik darajasi –1;

Tebranish amplitudasi deb nimaga aytiladi ?
nuqtaning muvozanat vaziyatidan eng chetga chiqish masofasiga
bir marta to’la tebranish uchun ketgan vaqtga
vaqt birligi ichidagi tebranishlar soniga vaqt ichidagi tebranishlar soniga

№ 136 Fan bobi –2; Fan bo’limi –2,5; Qiyinlik darajasi –1;

Tebranish davri deb nimaga aytiladi. ?
bir marta to’la tebranish uchun ketgan vaqtga
nuqtaning to’liq tebranishiga nuqtaning muvozanat vaziyatidan yeng chetga chiqish masofasiga
vaqt birligi ichidagi tebranishlar soniga

№ 137 Fan bobi –12; Fan bo’limi –12,2; Qiyinlik darajasi –1;

3ϑ va ϑ tezlik bilan bir-birini quvib ketayotgan ikkita bir xil shar mutlaq noelastik to’qnashsa, sistemaning kinetik energiyasi necha marta kamayadi?
4
1,5
2
3

№ 138 Fan bobi –12; Fan bo’limi –12,2; Qiyinlik darajasi –2;

Kuchning jismga ta’siri qanday o’lchanadi ?
Kuch qo’yilgan nuqta, kuchning yo’nalishi va kuchning miqdori bilan o’rganadi uning kattaligi bilan o’lchanadi
Uning kattaligi bilan o’lchanadi
Kuch yo’nalishi bilan o’lchanadi
Kuchning miqdoriga bog’liq yemas

№ 139 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –3;

Taxtani teshib o'tish natijasida o'qning tezligi 2 marta kamaydi. O'qning dastlabki energiyasini qancha qismi taxtani teshib o'tishga sarf bo'lgan?
3/4
1/2
1/4
2/3

№ 140 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

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

№ 141 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –2;

72 km/soat tezlik bilan щarakatlanayotgan, massasi 50 kg bo'lgan meteorning kinetik energiyasini aniqlang (kJ).
10
72
40
200

№ 142 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –2;

$\overline{F}$ kuch koordinata o'qlari bilan mos ravishda α, β, γ burchaklar tashkil qilsa uning o'qlardagi proektsiyalari qanday aniqlanadi ?
$F_x = F\cos\alpha$ $F_y = F\cos\beta$ $F_z = F\cos\gamma$
$F_x = F\cos\cos\beta$ $F_y = F\sin\beta$ $F_z = F\sin\gamma$
$F_x = F\cos\alpha$ $F_y = F\cos\beta$ $F_z = F\sin\gamma$
$F_x = F\sin\beta$ $F_z = F\sin\gamma$

№ 143 Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –2;

Og’irligi 100 n bo’lgan chana muz ustida 10 m ga siljidi. Og’irlik kuchini bu yo’ldagi ishini toping (J)?
0
100
10
50

№ 144 Fan bobi –11; Fan bo’limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Bir jinsli uzun sterjenning bir uchidan 40 sm qirqib olinsa, uning og’irlik markazi ikkinchi uchi tomon necha sm ga siljiydi?
20
30
15
10

№ 145 Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,3; Qiyinlik darajasi –3;

Quyidagi tasdiqlardan qaysi biri noto’g’ri ?
Kuchning biror markazga nisbatan momenti markaz va kuch yotgan tekislikka parallel bo’ladi.
Jisimning biror nuqtasiga qo’yilgan kuch jismda olingan ixtiyoriy keltirish markaziga qo’yilgan xuddi shunday kuchga va momenti berilgan kuchning keltirish markaziga nisbatan
momentiga teng juft kuchga yekvivalent bo’ladi
Kuchlar sistemasining bosh vektori mazkur kuchlarning geometrik yig’indisiga teng

№ 146 Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,3; Qiyinlik darajasi –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

№ 147 Fan bobi –3; Fan bo’limi –3,36; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 1000 kg va uzunligi 3 m bo’lgan to’sin uning uchlaridan bir xil masofada bo’lgan tayanchlarda yotibdi. Tayanchlar orasidagi masofa 2 m. To’sinning bir uchini qo’zg’atish uchun yuqoriga tik yo’nalgan qanday minimal kuch qo’yish kerak?
4000 N
500 N
10 kn
5 kn

№ 148 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,1; Qiyinlik darajasi –2;

l uzunlikdagi sterjenni 300 g massali yuk osilgan uchidan 1/5 masofada tayanchga qo'ysak, u gorizontal щolatda muvozanatda turadi. Sterjen massasi nimaga teng?
200g
75 g
150 g
300 g

№ 149 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,2; Qiyinlik darajasi –2;

Stol ustida bir jinsli zanjir yotibdi. Zanjirning 1/3 qismi osilib turgan vaqtdan boshlab, zanjir pastga sirpanib tusha boshlasa, stol bilan zanjir orasidagi ishqalanish koeffitsientini toping.
0,5
0,6
0,7
0,4

№ 150 Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,2; Qiyinlik darajasi –1;

Dekart koordinata sistemasida nuqta harakati tezligi koordinatalari qanday bo'ladi ?
$V_x = \dot{x}, V_y = \dot{y}, V_z = \dot{z}$
$V_x = \frac{dy}{dt}$, $V_y = \frac{dx}{dt}, V_z = \frac{dz}{dt}$
$V_x = \frac{dx}{dt}, V_y = \frac{dz}{dt}$, $V_z = \frac{dz}{dt}$
$V_x = \frac{dx}{dt}, V_y = \frac{dy}{dz}$, $V_z = \frac{dx}{dt}$

№ 151 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –;

Stol ustida uzunligi 1 m bo'lgan bir jinsli zanjir yotibdi. Zanjir bilan stol orasidagi ishqalanish koeffitsienti 0,6 ga teng. Stoldan sirpanib tushib ketmasligi uchun, uning pastga osilib turgan qismining maksimal uzunligi qancha bo'lishi kerak (sm)?
37, 5
42,5
52,5
36

№ 152 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

O’qning miltiq stvoli o’rtasidagi tezligi uchib chiqishdagi tezligidan necha marta kichik?
$\sqrt{2}$
$2\sqrt{2}$
2
4

№ 153 Fan bobi –12; Fan bo’limi –12,2; Qiyinlik darajasi –2;

53.. $x = t - 2t^2;\ y = 3t(1-2t)$ 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
$y = 2x^2 + 1$

№ 154 Fan bobi –12; Fan bo’limi –12,2; Qiyinlik darajasi –2;

Harakat tenglamalari $x = \frac{5a}{2}\cos(\omega t),\ y = \frac{a}{2}\sin(\omega t)$ ko’rinishda bo’lgan nuqtaning troekteriyasi topilsin
$\frac{x^2}{\left(\frac{5a}{2}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} = 1$ yarim o’qlari $\frac{5a}{2}$ va $\frac{a}{2}$ bo’lgan yellips
$x^2 + y^2 = 9a^2$ -aylana
$x^2 - y^2 = 9a^2$ - ikki to’g’ri chiziq
$\left(x - \frac{5a}{2}\right)^2 + \left(y - \frac{a}{2}\right)^2 = 1$- aylana

№ 155 Fan bobi –5; Fan bo’limi –5,2; Qiyinlik darajasi –2;

Vodoprovod trubasi teshigidan tik yuqoriga otilayotgan suv oqimi 1,25 m ga ko’tarilgan bo’lsa, suv teshikdan qanday tezlik bilan otilib chiqyapti (m/s)?
5
2,5
1,5
5,5

№ 156 Fan bobi –4; Fan bo’limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Jism qanday boshlang’ich tezlik bilan tik otilganda, u 10 s o’tgach, 20 m/s tezlik bilan pastga щarakat qiladi? g=10 m/s^2
80
50
95
65

№ 157 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –2;

Jism 30 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otildi. U 25 m balandlikdan yuqorida qancha vaqt bo'ladi (s) ?
4
2
3
1

№ 158 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –3;

Gorizontga burchak ostida otilgan jism 10 s uchgan. Jism ko'tarilgan eng yuqori balandlik necha metr?
125
225
100
500

№ 159 Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –2;

Nuqtaning murakkab harakatida: ko'chirma harakat oniy burchak tezligi $\overline{\omega}_e$ nisbiy harakat tezligi $\overline{v}_r$ bo'lsa kariolis tezligi qanday aniqlanadiq
$\overline{W}_k = 2(\overline{\omega}_e \times \overline{v}_r)$
$\overline{W}_k = \overline{\omega}_e \times \overline{v}_r$
$\overline{W}_k = 2\overline{\omega}_e \cdot \overline{v}_r$
$\overline{W}_k = \overline{\omega}_e \cdot \overline{v}_r$

№ 160 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Bir jism 80 m balandlikdan erkin tushmoqda, u bilan bir vaqtda boshqa jism 160 m balandlikdan tusha boshladi. Ularning ikkalasi yerga bir vaqtda tushishi uchun 2- jismning boshlang'ich tezligi qanday bo'lishi kerak (m/s)?
20
40
10
16

№ 161 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –1;

Moddiy nuqta Oxyz sistemada $\overline{F}(F_2, F_y, F_z)$ kuch ta'siri da harakatlansa, uning harakat differensial tenglamalari qanday bo'ladi
$m\ddot{x} = F_x;$ $m\ddot{y} = F_y;$ $m\ddot{z} = F_z$
$m\ddot{z} = F_x;$ $m\ddot{y} = F_y$ $m\ddot{z} = F_z$

$m\ddot{x} = F_x$; $m\ddot{r} = F_y$; $m\ddot{z} = F_z$
$m\ddot{x} = F_z$ $m\ddot{y} = F_y$; $m\ddot{r} = F_z$

№ 162 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –1;

Erkin moddiy nuqtaning tabiiy koordinata o'qlaridagi differentsial tenglamalari qanday yoziladiq
$m\frac{dv}{dt} = F_\tau$, $m\frac{v^2}{\rho} = F_n$ $0 = F_b$
$\frac{ds}{dt} = F_\tau$, $m\frac{v^2}{\rho} = F_n$ $0 = F_b$
$m\frac{dv}{dt} = F_\tau$, $v\frac{m^2}{\rho} = F_n$ $0 \neq F_b$
$m\frac{ds}{dt} = F_\tau$, $v\frac{m^2}{\rho} = F_n$ $0 = F_b$

№ 163 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,36; Qiyinlik darajasi –2;

$\overline{F}$ kuch ta'siri da nuqta kuch ta'sirr chizig'i bo'ylab S yo'lni bosib o'tsin. Bu ko'chishda $\overline{F}$ kuch ta'siri da bajarilgan ish qanday hisoblanadi ?
$A = F \cdot S$
$A = -F \cdot S$
$A = \pm F \cdot S$
$A = F \cdot S^2$

№ 164 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,1; Qiyinlik darajasi –2;

Nuqta traektoriya bo'ylab $M_o M_1$ ko'chishdagi $\overline{F}$ kuchning ishi tabiiy usulda qanday xisoblanadi ?
$A = \int_{M_o}^{M_1} F^2 ds \cos(\overline{F} \wedge \overline{s})$
$A = \int_{M_o}^{M_1} F ds \sin(\overline{F} \wedge \overline{r})$
$A = \int_{M_o}^{M_1} F^2 ds \cos 2(\overline{F} \wedge \overline{s})$

$A=\int\limits_{M_o}^{M_1} Fds\sin\cos(\overline{F}\,\hat{}\,\overline{s})$

№ 165 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,2; Qiyinlik darajasi –2;

Og'irlik kuchining $M_o(x_0,y_0,z_0)$ $M_1(x_1,y_1,z_1)$ ko'chishidagi bajargan ish qanday hisoblanadi ?
$A=-mg(z_1-z_0)$
$A=mg(z_1-z_0)$
$A=-mg(z_0-z_1)$
$A=-mgz_1$

№ 166 Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,2; Qiyinlik darajasi –2;

Qanday soxa kuch maydoni deyiladi ?
Fazoning biror soxasiga kiritilgan moddiy nuqtaga nuqta koordinatalarining funktsiyasi bo'lgan kuch yahsir yetsa
Soxaning xar bir nuqtasiga $\overline{F}=\overline{F}(t,x,y,z)$ kuch ta'sirr yetsa
Soxaning xar bir nuqtasiga nuqta koordinatalarga bog'liq bo'lmagan kuch ta'sirr yetsa
Soxaning nuxtalariga xech qanday kuch ta'sirr yetmasa

№ 167 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –1;

Boshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jismning biror nuqtadagi tezligi 20 m/s bo'lsa, undan 25 m pastda joylashgan nuqtadagi tezligini toping (m/s).
30
25
20
35

№ 168 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Disk chekka nuqtasining tezligi 6 m/s, undan 15 sm markazga yaqin nuqtasining tezligi 5,5 m/s bo'lsa, diskning radiusini toping(m).
1.8
2,5
2
1,6

№ 169 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –1;

Jism qiya tekislikdan ishqalanishsiz 7 m/s^2 tezlanish bilan tushmoqda. Qiyalik burchagi qanchaga teng
45°
30°
60°

90°

№ 170 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12.2; Qiyinlik darajasi –2;

Massasi 5 t bo'lgan avtomobilh qiyaligi 0,01 ga teng bo'lgan tepalikdan tormozlangan holda o'zgarmas tezlik bilan tushmoqda. Ishqalanish kuchini toping. (N).
500
1000
100
10

№ 171 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –1;

Balandligi 1,5m va uzunligi 5 m bo'lgan qiya tekislikda massasi 20 kg bo'lgan yashik 0,5m/s^2 tezlanish bilan sirpanib tushayotgan bo'lsa, ishqalanish kuchi qanchaga teng (N)
50
70
200
100

№ 172 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –1;

Jism 40 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otildi. Qancha vaqtdan so'ng uning tezligi modul jihatdan boshlang'ich tezlikdan 4 marta kichik bo'ladi ?
3s va 5s
4s
3 s va 4s
3 s

№ 173 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –1;

Tangensal tezlanish nima ?
Aylanayotgan jism gardishdagi nuqtalarning urinma tezlanishi
Markazga intilma tezlanish
To'la tezlanish va normal tezlanishlarning geometrik yig'indisi
Erkin tushish tezlanishi

№ 174 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –1;

Aylanayotgan jismning to'la tezlanishi nimaga teng bo'ladi ?
Normal va tangensal tezlanishlarning geometrik yig'indisiga
Tangesal tezlanishga
Normal tezlanishga
CHiziqli tezlanishga

№ 175 Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –1;

45 m baland-likdan gorizontal yo'nalishda 40 m/s tezlik bilan tosh otildi. U yerga qanday tezlik bilan tushadi ?
50m/s
40m/s
30m/s
70m/s

№ 176 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –1;

500m balandlikda gorizontal ravishda uchib borayotgan samolyotdan tashlangan jism, 1km masofaga borib tushgan bo'lsa, samolyotning tezligini toping (m/s).
100
120
130
140

№ 177 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –1;

Zamborakdan gori-zontga nisbatan bur-chak ostida otilgan snaryad 20 m baland-likka ko'tarildi. Uning uchish vaqtini toping. $g=10m/s^2$ (s).
4
2
1
10

№ 178 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Gorizontga burchak ostida 25 m/s tezlik bilan otilgan jism 4 s da yerga tushadi. Uning uchish davomidagi minimal tezligini aniqlang (m/s).
15
10
20
25

№ 179 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,36; Qiyinlik darajasi –1;

Gorizontga burchak ostida 10 m/s tezlik bilan otilgan jismning uchish davomidagi minimal tezligi 6 m/s bo'lsa uchish vaqti qanday bo'ladi(s)q $g=10m/s^2$.
1,6
2
1
3,2

№ 180 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,1; Qiyinlik darajasi –2;

Gorizontga 45° burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi ko'tarilish balandligidan necha marta katta?
4
3
1
5.5

№ 181 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,2; Qiyinlik darajasi –2;

Moddiy nuqktaning majburiy tebranma xarakatining dif. tenglamasini kursating?
m $\ddot{x} + k^2 x =$ H sinαt
m x'' +sx=0
m x'' +cx'= H cos 't
m x'' +Mdx/dt+cx=0

№ 182 Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,2; Qiyinlik darajasi –2;

Yerning quyosh atrofida aylanishining chiziqli tezligini m/s larda щisoblang. T= 365 sutka, R = $150 \cdot 10^6$ km
$2{,}99 \cdot 10^4$
$3{,}5 \cdot 10^4$
$2{,}99 \cdot 10^5$
$2{,}99 \cdot 10^6$

№ 183 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning uchish davomidagi minimal tezligi 16m/s, uchish vaqti esa 2, 4 bo'lsa, u qanday tezlik bilan otilgan (m/s) bo'ladi?
20
16
124
30

№ 184 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –1;

20m/s tezlik bilan gorizontga burchak ostida otilgan jismning maksimal ko'tarilish balandligi 15 m bo'lsa, uning uchish davomidagi minimal tezligi qancha bo'lgan(m/s) ?
10
20
15
5

№ 185 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Zambarakdan gorizontga nisbatan 30° burchak ostida o'q 600 m/s tezlik bilan uchib chiqadi. O'qning harakat boshlanganidan 40 s o'tganidan keyingi tezligi m/s larda toping.
530
553
58
600

№ 186 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –1;

Dinamikaning 2- qonunini kursating ?
$m\overline{w} = \overline{F}$
$mw = \overline{F} \cdot t$
mF = W
$m\overline{w} = \overline{W}$

№ 187 Fan bobi –12; Fan bo'limi –12,2; Qiyinlik darajasi –2;

To'pning uchish uzoqligi uning maksimal ko'tarilish balandligidan 4 marta katta. To'p gorizontga nisbatan qanday burchak ostida otilgan?
45°
60°
75°
30°

№ 188 Fan bobi –5; Fan bo'limi –5,2; Qiyinlik darajasi –1;

G'ildirak 100 π rad/ s burchak tezlik bilan aylanmoqda 20 s davomida u necha marta aylanadi?
1000
6283
2000
1758

№ 189 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –1;

Ikki moddiy nuqta bir xil radiusli aylana bo'ylab harakat qilmoqda. Agar nuqtalar aylanish davrlarining nisbati $T_1/T_2=2$ bo'lsa burchak tezliklari nisbati ω_1/ω_2 nimaga teng
1:2
2:1
1:4
4:1

№ 190 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,4; Qiyinlik darajasi –2;

Gorizontga 45° burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi ko'tarilish balandligidan necha marta katta?

4
3
2
1,5

№ 191 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,9; Qiyinlik darajasi –2;

Tekis paralel xarakatdagi jism kinetik energiyasi nimaga teng?
$T=\frac{1}{2}MV_c^2+\frac{1}{2}J_c\omega^2$
$T=\frac{1}{2}MV_c+\frac{v}{2}J_cW$
$T=\frac{1}{2}MV_c+\frac{m}{2}J_cW$
$T=\frac{1}{2}MV_c+\frac{3}{2}J_cW$

№ 192 Fan bobi –10; Fan bo'limi –10,7; Qiyinlik darajasi –3;

Nuqtaning erkin tebranma xarakat differintsial tenglamasini toping?
$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=0$
$\frac{dx}{dt}+kx=0$
$\frac{dx}{dt}+kix=0$
$\frac{d1x}{dt1}+k1x=0$

№ 193 Fan bobi –11; Fan bo'limi –11,3; Qiyinlik darajasi –2;

Erkin tebranma xarakat amplitudasi va davrini kursating?
$a=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{k^2}}\,;\,T=\frac{2\pi}{K}$
$a=\sqrt{x^2+v^2}\,;\,T=2\pi$
$a=\sqrt{x^2+\frac{v^2}{k^2}}\,;\,T=\frac{1}{2}\pi$
a=$\sqrt{x^2+kv^2}\,;\,T=\frac{\pi}{2K}$

№ 194 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,4; Qiyinlik darajasi –2;

Qarshilik ko'rsatuvchi muxitdagi erkin tebranish xarakat differentsial tenglamasini kursating?
$\ddot{x}+2\beta\dot{x}+\omega^2x=0$

$a=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{k^2}}$; $T=\frac{2\pi}{K}$
$d^2x/dt^2 + k^2x = 0$
$\ddot{x} + mx + k^2 = 0$

№ 195 Fan bobi –4; Fan bo'limi –4,3; Qiyinlik darajasi –2;

Kuyidagi differentsial tenglamani $d^2x/dt^2 + 2b\, dx/dt + k^2x = 0$; $k^2 = c/m$; umumiy yechimini kursating?
$x = e^{-bt} \sin(kt + \alpha)$; ($k = \sqrt{k^2-b^2}$)
$x = e^{-bt}$ (c_1 sin k,t + c_2 cos k,t) ; ($k = \sqrt{k^2-b^2}$)
$x = e^{-bt}$ (sin kt +1/k cos kt)
$x = e^{-bt}$ (c+csinkt) ; ($k = \sqrt{k^2-b^2}$)

№ 196 Fan bobi –3; Fan bo'limi –3,36; Qiyinlik darajasi –2;

Agar ω > β (kichik karshilik xoli)bulsa sunuvchi tebranma xarakat davrini toping
$T=\frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2-\beta^2}}$
$T=\frac{2rw\pi}{\sqrt{\omega_0^2-\beta^2}}$
$\grave{O}=\frac{16\pi}{\sqrt{\omega_0^2-\beta^2}}$
$T=\frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2-\beta^2}}$

№ 197 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,1; Qiyinlik darajasi –1;

To'g'ri chiziq bo'ylab xarakatlanuvchi jismning xarakat tenglamasi $x=x_0+\dot{x}t+\frac{\ddot{x}t}{2}$ ko'rinishda berilgan. Bu ifoda to'g'ri chiziqli tekis xarakat tenglamasini ifodalashi uchun qanday shart bajarilishi kerak. $x_0=0$;
$\ddot{x}=0$
t= 0
x= 0
$\dot{x}=0$

№ 198 Fan bobi –9; Fan bo'limi –9,2; Qiyinlik darajasi –2;

Nuqtaning koordinata usulida berilgan xarakat tenglamalariga ko'ra uning traektoriya 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

№ 199 Fan bobi –6; Fan bo'limi –6,2; Qiyinlik darajasi –1;

Nuqta xarakatining berilgan tenglamalariga qarab uning traektoriyasi tenglamasi topilsin. $x=3t^2$, $y=4t^2$.
3y-4x=0
4x-2y=0
3x+4y=0
4y-3x=0

№ 200 Fan bobi –2; Fan bo'limi –2,5; Qiyinlik darajasi –2;

Poezd 20m/s tezlik bilan xarakat qiladi. Tormoz qilinganda u 0,4 m/s^2 ga teng sekinlanish oladi. Poezdni stantsiyaga kelmasdan qancha narida tormozlay boshlash kerakligi topilsin.
50s, 500m
40s,400m
50s,400m
40s, 300m

1-bob. Kirish.

1. Mexanika fani predmeti.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

2-bob. Kinematika

1.Moddiy nuqta kinematikasi.
2. Mexanik harakat.
3. Fazo,vaqt,sanoq sistemalari haqida tushuncha.
4. Tug'ri chiziqli harakat.
5. Tug'ri chiziqli tekis harakat.
6. Tug'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat. Harakat tenglamalari

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

3-bob. Aylanma harakat

1. Aylanma harakat.
2. Qattiq jism kinematikasi.
3. Burchak tezlik va burchak tezlanish.

4. Burchak tezlik vektorlari

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

4-bob. Dinamika

1. Erkin tushish.
2. Yuqoriga tik otilgan jism harakati.
3. Gorizontga qiyalatib otilgan jism harakati.
4. Dinamika. Nyutoning 1-2 qonunlari.
5. Harakat miqdori.
6. Nisbiylik printsipi.
7. N'yutoning 3-qonuni.
8. Impus. Kuch vajism impul'si. Impus saqlanish qonuni. o'zgaruvchan massali jism harakati. Meshcherskiy tenglamasi.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

5-bob. Ish va energiya

1. Kuchning ishi.
2. Ish va energiya.
3. Deformatsiya energiyasi.
4. Kinetik energiya.
5. Elastik va noelastik tuqnashish.
6. Yerning tortishish maydonida jismning potentsial energiyasi.
7. Energiyani saqlanish qonuni.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

6-bob. Ishqalanish kuchi

1. Ishqalanish turlari.
2. Ishqalanish kuchlari.
3. Sirpanish va dumalanish ishqalanish.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

7-bob.Noinertsial sistemada jism harakati

1. Egri chiziqli harakatda ta'sir etuvchi kuchlar.
2. Inertsiya kuchlari.
3. Fuko mayatnigi,
4. Ber qonuni.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

8-bob. Qattiq jismlarni aylanma harakati

1. Quzgalmas o'qqa ega bo'lgan jismning muvozanat sharti.
2. Kuch va inertsiya momentlari.
3. Harakat miqdori momentlari.
4. Harakat miqdori momentining saqlanish qonuni.
5. Og'irlik va inertsiya markazlari.
6. Inertsiya markazining harakat qonuni.
7. SHteyner teoremasi va uni tadbig'i.
8. Qattiq jismlar harakati uchun dinamikaning asosiy qonunlari.
9. Aylanma hamda ilgarilanma harakatda kinetik energiya.
10. Giroskoplar. Giroskopik kuchlar.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

9-bob. Butun olam tortishish qonuni.

1. Inert va gravitatsion massa.
2. Tortishishning potentsial energiyasi.
3. Koinot mexanikasi- ning asosiy qonunlari.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

10-bob. Deformatsiya

4. Elastik deformatsiya.
5. Deformatsiya turlari.
6. Guk qonuni.
7. Yung moduli.
8. Deformatsiya potentsial energiyasi.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. T.O'zbekiston.-1988-y

11-bob. Suyuqlik va gazlarni harakati

1. Bernulli tenglamasi.
2. Torrichelli formulasi.
3. Suyuqlik yoki gaz oqimini jismga ta siri.
4. lchki ishqalanish kuchlari.
5. Magnus effekti.
6. Kutarish kuchi.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O'qituvchi-1977

2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to’plami. T.O’zbekiston.-1988-y

12-bob. Garmonik tebranma harakat.

1. Matematik va fizik mayatniklar.
2. Xususiy tebranishlar energiyasi.
3. So’nuvchi tebranma harakat.
4. Majburiy tebranishlar. Rezonans.
5. Tebranishlarni qo’shish.
6. Tepkili tebranish.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O’qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to’plami. T.O’zbekiston.-1988-y

13-bob. To’lqinlar

1. Yassi to’lqin.
2. To’lqin energiyasi.
3. To’qinlarni interferentsiyasi.
4. Tovush va uni tabiati.
5. Akustika elementlari.

Adabiyotlar.

1. Strelkov S P. Mexanika-Toshkent. O’qituvchi-1977
2. Chertov A. Umumiy fizika kursidan masalalar to’plami. T.O’zbekiston.-1988-y