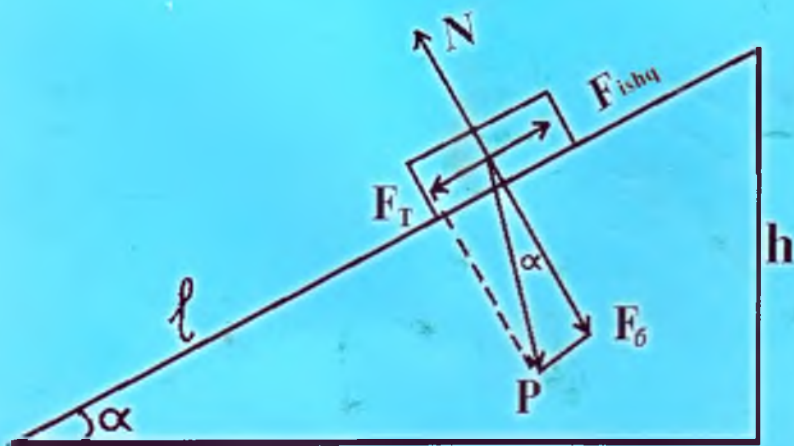


Najmiddin SADRIDDINOV  
Anvarbek PO‘LATOV

**AKADEMIK**  
**LITSEYLARDA FIZIKA**  
**O‘QITISH USLUBI**

(MEXANIKA)



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY VA O'RTA MAXSÙS TA'LIM  
VAZIRLIGI**

**Namangan Davlat Universiteti  
Fizika kafedrası**

**Najmiddin Sadriddinov,  
Anvarbek Po'latov**

**AKADEMIK  
LITSEYLARDA FIZIKA  
O'QITISH USLUBI**

*(MEXANIKA)*

*O'quv qo'llanma*

**«Namangan» nashriyoti  
2015 yil**

UO`K: 821. 512. 133 – 9.

KBK: 84 (5 O`zb) 7.

N - 47

**Mualliflar:**

p.f.n.dots.N.Sadriddinov, f-m.f.n.  
A.A.Po`latov.

**Taqrizchilar:**

p.f.n. dots. I.Zoxidov (NamDU), f-  
m.f.n.dots.U.Boboxo`jaev (NamDU qoshidagi 1-akademik  
litsey direktori).

**Mas`ul muharrir:**

f-m.f.n. dotsent P.J.Baymatov.

## ANNOTATSIYA

Ushbu qo`llanmada Akademik litseylarning fizika kursida mexanikani o`qitish uslubi ko`rib chiqilgan. Unda uslubiy g`oyalar ochib berilgan bo`lib, o`quv materialini o`qitishga zarur uslubiy maslahatlar berilgan.

Mazkur qo`llanma Akademik litseylarning va kasb-hunar kollejlarning fizika o`qituvchilariga mo`ljallangan bo`lib, maktab fizika o`qituvchilari uchun ham foydalidir.

\* \* \*

V etoy posobii rassmotreni metodika prepodavaniya mexaniki v kurse fiziki akademicheskix litseyax. V ney raskriti metodicheskix idei, dani neobxodimie metodicheskix soveti k prepodavaniyu uchebnogo materiala.

Nastoyashee posobie prednaznachena uchitelyam. fiziki akademicheskix litseev i professional`nix kolledjax. Ona polezna i shkol`nim uchitelyam fiziki.

ISBN - 978-9943 - 977 – 48 - 8

1345 – 4642,5 – 1335600

46 – (13,0) – (04)

2015



© «Namangan» nashriyoti, 2015 yil.

## SO'Z BOSHI

Mustaqil mamlakatimiz istiqbolini belgilab bergan muhim davlat hujjatlaridan biri “Kadrlar tayyorlash milliy dasturi“ uzluksiz ta’lim tizimini barpo etish, yangi turdagi ta’lim muassasalarini tashkil etish yangi o’quv rejalari va dasturlari, darsliklarini barpo etishni, zamonaviy didaktik ta’minotni ishlab chiqishni va ularni amalga oshirish omillarini belgilab berdi.

Uzluksiz ta’limni amalga oshirishda akademik litseylar va kasb-hunar kollejlari alohida o’rinda turadi. Ayniqsa, akademik litseylarga iqtidorli o’quvchilar qabul qilinib, ularni ilmiy tomondan ancha mukammal bo’lgan dasturlar asosida o’qitiladi.

Mexanika kursini o’qitish uslubi bo’yicha yozilgan ushbu o’quv qo’llanma Akademik litsey va kasb-hunar kollejlarning fizika o’qituvchilariga mo’ljallangan.

O’quv qo’llanmada Akademik litseylardagi dastur bo’yicha o’rganiladigan o’quv materialining o’qitish uslubi ishlab chiqilgan. Unda dastur talab etgan ilmiy g’oyalar olib borilgan bo’lib, o’quv materialini o’qitishga zarur bo’lgan uslubiy maslahatlar berilgan.

Nazariy xulosalarni tasdiqlovchi tajribalarning jadvallari va ularni namoyish qilish yo’llari tushuntirilgan. O’rganilganlarini amalda qo’llay olish va mustahkamlash uchun masalalar yechib ko’rsatilgan.

Ushbu o’quv qo’llanma besh bobdan iborat bo’lib, birinchi bobda “Kinematika” bo’limi ko’rib chiqilgan. Unda asosan “To’g’ri chizikli tekis va notekis harakat”, “Aylana bo’ylab tekis va notekis harakatlar” Shuningdek “Gorizontga burchak ostida va gorizontol otilgan jismlarning harakati”ga oid mavzularni o’qitish uslublari tushuntiriladi, mexanik tushunchalarning ba’zi birlariga uslubiy tavsiyalar beriladi.

Ikkinchi bobda “Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari, tortishish maydoni, gravitatsion massa, og’irlik kuchi, o’ta yuklanish va vaznsizlik, Galileyning nisbiylik printsipi” kabi mavzularni o’qitish uslublari bayon etilgan.

Uchinchi bob “Mexanikada saqlanish qonunlari va statika elementlari”ni o’qitilishiga bag’ishlangan bo’lib, jism impulsi, impulsning saqlanish qonuni, mexanik quvvat, energiya, kinetik va potentsial energiya, mexanik energiyani saqlanish qonuni, energiya va impulsning saqlanish qonunlarini o’rganishda qo’llanishi” mavzularini o’qitish metodlari xaqida yozilgan. Ushbu bobning “Statika elementlari” bayon etilgan qismida esa statika kuchlar ta’sirida jismning muvozanatini, kuchlarni qo’shish va ayrish, kuchlarni tashkil etuvchilarga ajratish va teng ta’sir etuvchisini topish, kuch momentiga oid mavzular hamda qattiq jism muvozanatining umumiy sharti va turlari, jismning massa markazi, aylana harakatning asosiy tenglamasi, inertsiya va impuls momentlari, aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi kabi mavzularni o’qitish uslublari yozilgan.

To’rtinchi bobda “Gidroaerostatikani o’qitish uslubi, suyuqlik va gazlarning bosimi, tutash idishlar, manometrlar, paskal qonuni, atmosfera bosimi, Arximed qonuni va uning qo’llanilishi” va beshinchi bobda “Saqlanish qonunlarini suyuqlik va gazlarning harakatiga qo’llanishi”lariga oid o’qitish uslublari bayon etilgan. Unda suyuqliklar va mexanikasini o’rganishda saqlanish qonunlarining ahamiyati katta ekanligini aytib u yerda eng muhim hodisalar bilan tanishtirilib ularni o’qitish uslublari bayon etilgan.

Ushbu akademik litseylarning fizika o’qituvchilariga mo’ljallangan o’quv qo’llanma O’zbekiston Respublikasining “Ta’lim to’g’risida”gi qonun va “Kadrlar tayyorlash milliy dasturi”ni hayotga tadbiq etish maqsadida ishlab chiqilgan “Akademik litsey va Kasb hunar kollejlari uchun fizikadan davlat ta’limi standarti”asosida tuzilgan dasturga muvofiq holda yozildi.

O’quv qo’llanmadan umumiy o’rta ta’lim maktablarining fizika o’qituvchilari, fizika yo’nalishlarida tahsil olayotgan yuqori bosqich talabalari, magistrantlar ham foydalanishlari mumkin. O’quv qo’llanma birinchi marta chop etilayotganligi uchun ba’zi kamchiliklardan holi deb bo’lmaydi.

Mualliflar o'quv qo'llanmaning qo'l yozmasi bilan tanishib chiqib, o'z maslahatlari bilan, uning sifatini yaxshilashda hissa qo'shgan dotsent A.Mamadaliyevga, fizika-matematika fanlari nomzodi dotsent, O.Usmonovga, fizika-matematika fanlari nomzodi dotsent, X.Qo'chqorovga, fizika matematika fanlari nomzodi, A.Xolmirzayevga, pedagogika fanlari nomzodi dotsent, Z.Jamolovalarga o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

Mualliflar qo'llanma to'g'risidagi fikr mulohazalapingizni ushbu adresga yuborishingizni so'raydilar: indeks Namangan shahri, Uychi ko'cha-16 "Namangan davlat universiteti fizika kafedrası", elektron pochta anvarbek\_P@mail.ru

***Mualliflar***

# FIZIKA KURSIDA MEXANIKANING TUTGAN O'RNINI VA UNING O'QITILISHI

Mexanika fizikaning tarixan birinchi paydo bo'lgan bo'limidir. Mexanika taraqqiyotida eksperimental dalil va ayrim nazariy fikrlarni to'plash va sistemaga solish, fizikaning boshqa sohalaridagidan ko'ra tezroq yagona nazariya bilan almashdi. Bu yagona nazariya Galiley va Nyuton asarlari natijasida paydo bo'ldi va u turli mamlakatlarning olimlari tomonidan rivojlantirildi.

Mexanik xarakter-jismlarning fazoda va vaqtda bir-biriga nisbatan ko'chishi fizikada o'rganiladigan harakatlarning eng oddiy formasidir. Mexanikani, uning eng muhim tushuncha va qonunlarini o'rganib olmasdan turib issiqlik, elektr, hodisalarini ongli o'zlashtirish mumkin emas. Mutlaqo ravshanki, harakatning murakkabroq formalari bo'lmish issiqlik, elektr, tovush, atomlarda sodir bo'ladigan hodisalarni o'quvchilar mexanikada o'rganiladigan eng sodda xarakterli formasining asosiy va eng xarakterli tomonlarini o'zlashtirib olganlaridan so'ng o'rganilishi lozim. Nihoyat mexanik harakat xarakterli sifat tomondan ancha murakkab formalarida qatnashadi, ammo ularning o'rnini bosa olmaydi. Soddadan murakkabga degan didaktik prinsip fizika kursi strukturasi ta'biq etilganda fizikani mexanikadan boshlab o'rganishni talab qiladi.

Mexanikadan olingan ma'lumotlar fizika kursining boshqa bo'limlarini o'rganishda mutlaqo zarurdir. Mexanikadagi tushunchalarni bilmasdan turib fizikani o'rganish alifbeni o'rganmasdan turib kitob o'qishga o'rganish bilan bir xil bo'ladi.

Xaqiqatan xam issiqlik hodisalarining mexanizmini, tabiatini o'rganish uchun modda tuzilishining molekulyar-kinetik nazariyasida mexanika tushunchalari va qonuniyatlaridan molekularlarning kinetik va potensial energiyasi, jism impulsi (xarakterli miqdori) va uning saqlanish qonuni, kuchning dinamik ta'biq qiliinshi va boshqalar kabi tushuncha va qonuniyatlardan keng foydalaniladi.

Elektr maydoni, magnit maydoni va elektromagnit maydon xossalari o'rganishda kuch, massa, ish va energiya tushunchalarini bilish kerak va hokazo.

Mexanikani o'rganish davomida modda xaqidagi tushuncha rivojlantirib borilib, fizikaning keyingi bo'limlarida ularning tuzilishlari o'rganib boriladi. Undan tashqari maydon tushunchasi xam kiritilib (elektrni o'rganish vaqtida) u xaqdagi tasavvurlar xam rivojlantirib boriladi.

Mexanik harakatni o'rganish vaqtida bu harakat vaqt o'tishi bilan fazoda yuz beradi, degan fikr ham tushuntiriladi. Moddaning fazoda va vaqtda harakatlanishi to'g'risidagi tasavvurlar kursning boshida eng sodda va ko'rgazmali misollarda aniq va tushunarli qilib beriladi. Keyinchalik harakatning murakkabroq formalarini o'rganishda bu tasavvurlar rivojlantiriladi va chuqurlashtiriladi.

Mexanikani o'rganishda uning eksperimental asoslarini kuchaytirish kerak. Mexanikani eksperiment asosida o'rganish quyidagilarni ko'zda tutadi: asosiy hodisalar tajribalarda o'rganiladi, fizik qonunlarning chiqarilishi ana shu tajribalarga tayanadi, tushunchalarning tarkib topishi tajribalarga va o'lchashlarga asoslanadi.

Mexanika tajriba asosida o'rganilganda o'quvchilar mexanik hodisa, qonun, tushunchalar va ularning tadbiriq etilishi to'g'risida qat'iy bilimlar oladilar. Umumiy xulosalardan qat'iy faktlarni ko'ra biladigan bo'ladilar, turli hollarda fizik kattaliklarning son qiymatlarini "seza" biladigan bo'ladilar. Kuchlarni dinamometrlar bilan, harakat tezligi va tezlanishni ustiga tomizgich o'rnatilgan aravacha bilan yoki tezlikni spidometr bilan, jismlarning aylanish chastotasini taxometr bilan va boshqa fizik kattaliklarni qayta-qayta o'lchash natijasida o'quvchilarda har-xil kuchlar, tezliklar, tezlanishlar, massalar, aylanish chastotalari va shu kabilarni chamalab aniqlay bilish malakalari hosil bo'ladi. Bular o'quvchilarning mexanikadan olgan bilimlarida formalizmga yo'l qo'ymaydi.

Tajribadan olingan dalillar (faktlar) umumiy fizik nazariya bilan maxkam aloqada bo'lishini nazarda tutish kerak. Fizik nazariyasiz bilimlar sistemasi bo'lishi mumkin emas.



Mexanikada fizikaning bu bo'limining butun o'quv materialini birlashtiruvchi asosiy fizik nazariya Nyuton dinamikasining uch qonuni va saqlanish qonunlaridir.

Mexanikani o'qitish jarayonida fizika fanining bilish "instrumenti" (asbobi) bo'lgan asosiy tushunchalar (massa, kuch, impuls, energiya, ...), fizik nazariya (Nyuton qonunlari), umumlashtirish (butun olam tortishish qonuni, saqlanish qonunlar) va mexanik sistemalarning muvozanati bilan o'quvchilarni tanishtiriladi.

Mexanikani o'qitish jarayonida o'quvchilarning dunyoqarashlarini, politexnik bilim va malakalarini to'g'ri shakllantirib boriladi. Ular siyosiy-g'oyaviy, vatanparvarlik, baynalminal ruhida tarbiyalanadilar.

Mexanikani o'rganish jarayonida o'quvchilarning mantiqiy, nazariy, ilmiy-texnik fikrlashlari rivojlanadi.

Mexanik harakatlarni o'rganishning turli uslublari mavjud bo'lib, ulardan biri harakatni bosib o'tilgan yo'l orqali tasvirlash bo'lsa, ikkinchisi harakatni radius vektor orqali tasvirlashdir. Maktabda moddiy nuqtaning o'rnini koordinatalar yordamida (radius-vektorining koordinata o'qlariga proektsiyalari orqali) aniqlanadi. Moddiy nuqta o'rnining o'zgarishini ko'chish orqali aniqlanadi.

Kollej va litseylarda kinematik kattaliklarning (ko'chish, tezlik, tezlanish) vektor xarakterini o'quvchilar yaxshi o'zlashtirishlari lozim, chunki u dinamikada harakatning asosiy qonunlarini o'rganishda zarurdir: harakat tenglamalarini vektor ko'rinishda yozish dinamika masalalarini fizik mohiyatini ochish imkoniyatini beradi.

Harakatni tasvirlashda radius-vektorni vaqt yoki koordinata funktsiyasi sifatida qarab kinematik kattaliklarni vektor kattaliklar sifatida kiritish mumkin. Shuning uchun kollej va litseylarda vektor kattaliklar bilan ishlashga ko'p ahamiyat beriladi va harakatni tasvirlashda koordinat uslubi, ya'ni ikkinchi uslub tanlanadi.

Koordinat uslubi sanoq sistemasi va harakatning nisbiyligi haqidagi tasavvurlar bilan mustaxkam bog'langandir. Koordinat uslubdan foydalanib vektor kattaliklarni koordinata

o'qlariga proyeksiyalarini olish orqali harakatni tekislikdagi yoki to'g'ri chiziqli harakatlarga keltirib o'rganish mumkin.

Kollej va litseylarda mexanikani koordinat uslubida o'rganish asosiy tushuncha va qonunlarni ta'riflashni fandagi ta'riflanishiga yaqinlashtiradi; fizika bilan matematikaning bog'lanishini kuchaytiradi, bilimni umumlashtirish darajasini ko'taradi.

# I-BOB. KINEMATIKANI O'QITISH USLUBI

## 1-§. Kirish (darslari)

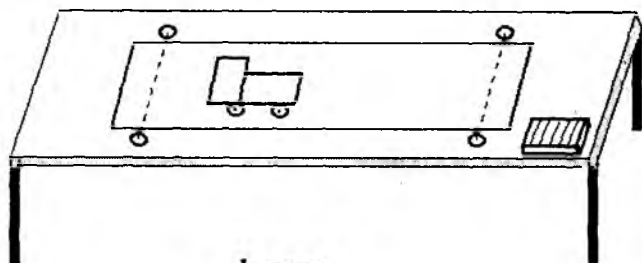
Kollej va litseylarning fizika kursida kinematika bo'limi birinchi o'rganilib, unda to'g'ri chiziqli tekis, tekis o'zgaruvchan va aylana bo'ylab tekis harakatlar va ularning karakteristikalarini o'rganiladi. Avval kinematikaning kirish qismida mexanik harakat, sanoq sistemasi, harakatning nisbiyligi, fazo va vaqt, harakatni o'rganish bosqichlari, moddiy nuqta, traektoriya, yo'l va ko'chish, ilgari harakat, vektorlar ustida amallar ko'rib chiqilib, keyin to'g'ri chiziqli harakatni o'rganishga o'tiladi. Bu va boshqa tushunchalar darslikda yaxshi berilgan bo'lishiga qaramasdan ularning ba'zi birlariga metodik tavsiyalar berib o'tishni lozim topdik.

1) Mexanik harakat haqida tushuncha berish vaqtida jismning harakatini o'rganish uning vaziyatini vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishini bilishni anglatilishini, agar bu o'zgarish ma'lum bo'lsa, jismning istalgan paytdagi vaziyatini bilish mumkin ekanligini, mexanikaning asosiy masalasi ana shundan - jismning istalgan paytdagi vaziyatini aniqlashdan - iborat ekanligini, mexanikaning asosiy masalasini hal qilish uchun jism qanday harakat qilishini, qanday harakatda jismning vaziyati vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishini qisqa va aniq ko'rsata bilish kerakligi, ya'ni mexanik harakatni ifodalaydigan kattaliklar o'rtasidagi bog'lanishlarni aniqlash lozimligi, buni esa kinematikada ko'rib chiqishimizni aytib o'tamiz.

a) Sanoq sistemasi haqidagi tushunchani berish vaqtida quyidagilarni qo'shimcha qilib ketish maqsadga muvofiq: agar jism to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qilsa uning harakatini bitta koordinata o'qi yordamida o'rganish mumkinligi, agar jism biror tekislikda harakat qilsa uning harakatini ikkita koordinata o'qi yordamida o'rganish mumkinligi; agarda jism fazoda ixtiyoriy yo'nalishlar bo'ylab harakat qilsa uning harakatini uchta koordinata o'qi yordamida o'rganilishini aytib, misollar keltirib chizmalar yordamida tushuntiramiz.

b)Harakatning nisbiyligini tushuntirishda quyidagicha tajribadan foydalanish yaxshi natija beradi:

Uzunligi 1 m bo'lgan 4 ta g'ildirakka o'rnatilgan taxtacha (platforma) ustiga aravacha(o'yinchoq mashina) qo'yib, tajriba stoliga o'quvchilarga ko'rinadigan qilib joylashtiramiz.(1-rasm).



1- rasm.

Aravachani tinch turgan taxtacha bo'ylab harakatlantiramiz va u atrofdagi jismlarga nisbatan, binobarin taxtachaga nisbatan ham harakat qilayotganini, Shu bilan birga taxtachaning o'zi aravachaga nisbatan harakat qilayotganini tushuntiramiz. Tajribadan ko'ramizki, har qanday harakat nisbiydir; jismlar bir-birlariga nisbatan harakat qiladilar. Tinchlik ham nisbiydir: Taxtacha stolga nisbatan tinch xolatda, aravachaga nisbatan harakatda bo'ladi.

Sanoq jismi sifatida bir brusokni olib, uni ketma-ket ravishda stolga, taxtachaga, aravachaga qo'yib, quyidagi tajribalarni qilamiz: 1) aravachani taxtacha bo'ylab harakatlantiramiz (taxtacha stolga nisbatan tinch turadi); 2) aravachani o'rnidan qo'zg'atmay (ushlab turiladi), uning ostidagi taxtachani stol bo'ylab siljitamiz, 3) ustida tinch turgan aravachasi bilan taxtachani siljitamiz, 4) taxtachani stol ustida, aravachani taxtacha ustida bir vaqtda bir tomonga xarakatlantiramiz (siljitamiz). Har bir tajribada brusokni turli yerlarga qo'yilganda (yuqorida

aytganimizdek) unga nisbatan stol, taxtacha va aravachalarning harakatlarini va tinch holatda bo'lishlari ko'rsatib o'tiladi.

O'quvchilar bilan suhbat orqali ketayotgan vagon ichida yuqoridan tushayotgan jism vagonga nisbatan to'g'ri chiziqli, yerga nisbatan egri chiziqli harakat qilishini; aylanayotgan tarnovcha ichidagi sharchning harakati tarnovga nisbatan to'g'ri chiziqli, Yerga nisbatan egri chiziqli harakatda bo'lishini chizmalar bilan aniqlaymiz.

Oxirida "harakatlarning nisbiyligi o'quv fil'mi"ni namoyish qilib o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

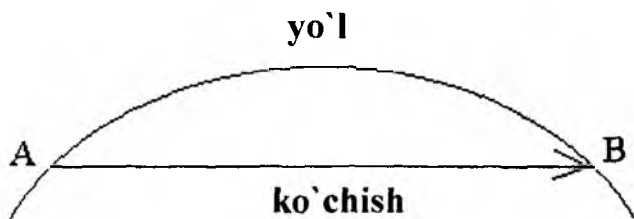
d) Jismlarning harakat qonunlarini o'rganishda fazo va vaqt tushunchalarini aniq tasavvur qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Ma'lumki, hamma moddiy jismlar hajmga ega bo'lganliklari uchun ular muayyan joyni egallaydi va bir-birlariga nisbatan qandaydir tarzda joylashgan bo'ladi. Jism o'z harakati tufayli vaziyatlarini (o'rinlarini) o'zgartiradi. Bu o'zgarish, tabiiyki, fazoda sodir bo'ladi va ma'lum vaqt oralig'ida amalga oshadi. Har qanday mexanikaviy jarayon biror vaqt oralig'ida fazoda sodir bo'ladi. Vaqt-hodisalarning ketma-ket o'zgarish tartibini ifodalaydigan fizik kattalikdir. Jismlar harakatini fazo va vaqtdan ajralgan holda tasavvur qilib bo'lmaydi. Shuning uchun ham jismlarning mavjudligi va ularning harakatlari fazoda va vaqt ichida sodir bo'ladi, deb qaraladi.

Nyutonning nuqtai nazarida fazo va vaqt mutlaqdir: Fazo bir jinsli bo'lib, hamma yo'nalishlarda xususiyatlari bir xildir, vaqt tashqi muhitga va jism harakatiga bog'liq bo'lmagan holda bir tekis o'tadi.

Relyativistik mexanika vaqt va fazo haqidagi fikrni bir oz o'zgartirish lozimligini ko'rsatadi. Nyuton mexanikasi relyativistik mexanikaning xususiy xoli ekanini (kvant mexanikasining ham xususiy holi ekanini) tushuntirib o'tamiz.

e) Moddiy nuqta haqida tushuncha berayotganimizda o'quvchilar ko'rgan va idrok qiladigan misollardan ko'proq keltirish maqsadga muvofiqdir. Masalan, poezdni Toshkentdan Andijonga ketayotganda moddiy nuqta deb qarash mumkinligini, lekin u daryo ko'prigidan o'tayotganda ko'priikka nisbatan moddiy nuqta deb bo'lmasligini, o'quvchi uyida gimnastika qilayotganda moddiy nuqta bo'lmasligi, uyidan maktabga ketayotganda moddiy nuqta deb qarash mumkinligi tushuntiramiz.

f) Ko'chish va yo'l haqida tushuncha berilayotganda harakatlanayotgan jismning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlarini o'quvchilar to'g'ri tasavvur qilishlari lozim, aks holda ular jismning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlari deganda uning tinch turgan va to'xtagan paytdagi vaziyatlarini tushunadilar. Harakatlanayotgan jismning harakatini kuzatishga boshlangan paytdagi vaziyatini boshlang'ich vaziyati, harakatni kuzatishni tugatgan paytdagi vaziyatini oxirgi vaziyat deb yuritilishini chizmalar yordamida tushuntiramiz (2-rasm). Shundan keyin yo'l va ko'chishini ta'rifini berib, yo'l skalyar, ko'chish vektor kattalik ekanini uqdiramiz.



2- rasm.

g) Vektorlar ustida amallarni tushuntirish vaqtida ularni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirish mumkinligini misollar yordamida ko'rsatib ketish maqsadga muvofiqdir. Vektorlarni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga yo'nalishini va uzunligini (miqdorini) o'zgartirmagan holda ko'chirish mumkin. Bir necha vektorlarni bir nuqtaga yoki turli nuqталarga ko'chirishni chizmalar yordamida tushuntiramiz.

## 1.1. TEZLIK

Avval turli jismlar turlicha tezlikda harakat qilishga misollar keltirib keyin tezlik haqida tushuncha berishga o'tamiz.

Moddiy nuqta  $\Delta t$  vaqtda  $\Delta s$  masofani bosib o'tsa

$\bar{g}_{o'r} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  o'rtacha tezlik bo'lishini va uning ta'rifini beramiz.

Agar biz  $\Delta t$  vaqtni kichraytirib boraversak  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  nisbat ham

o'zgarib boradi.  $\Delta t$  vaqtni yanada kichraytirib boraversak ma'lum bir paytdan boshlab bu nisbat deyarli o'zgarmaydigan holatga yetib boradi. Buni shunday deyishimiz mumkin: vaqt oralig'ini cheklanmagan holda

kichraytirib borsak  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  nisbat ma'lum bir chegara qiymatga

intiladi. Bu chegara qiymatni nuqtaning berilgan paytdagi yoki nuqtadagi oniy tezligi deb yuritiladi. Oniy tezlikning ta'rifini matematik ko'rinishda quyidagicha yozamiz

$\bar{g} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$  bundagi *lim* belgisi chegara ma'nosini bildiradi.

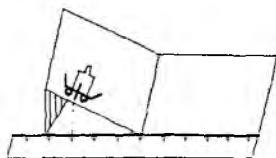
Oniy tezlik nuqtaning harakat traektoriyasiga o'tkazilgan urunma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Uni qisqacha

$$\bar{g} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

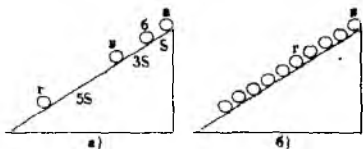
Bu yerda  $\overline{ds}$  belgi  $d$  va  $s$  larning ko'paytmasi emas, balki cheksiz kichik vektorni, ya'ni  $\overline{ds}$  vektor cheksiz kichik qiymatga o'zgarishini ko'rsatadi. Xuddi shuningdek  $dt$  belgi ham  $d$  va  $t$  larning ko'paytmasi emas, balki cheksiz kichik vaqt oraliq'ini ko'rsatadi.  $dt$  vaqt oraliq'ida cheksiz kichik  $\overline{ds}$  ko'chish sodir bo'ladi  $\overline{ds} / dt$  nisbatini  $\overline{S}$  vektorning vaqt bo'yicha hosilasi deb yuritiladi. Demak, oniy tezlik ko'chishdan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng bo'ladi.

Oniy tezlikni quyidagi tajribalardan foydalanib tushuntirib ketish maqsadga muvofiqdir:

Aravacha ustiga tomizg'ich qo'yib uni qiya tekislikdan qo'yib yuboramiz. Aravacha qiya tekislikdan gorizont tekislikka o'tgandan so'ng qiya tekislikning oxirida olgan tezligi bilan harakat qilishda davom etadi (3-rasm). Ishqalanish juda kam bo'lishi lozim. Shu vaqtda aravachaning o'rtacha tezligi gorizont yo'lining hamma nuqtalarida bir hil deb qarash mumkin.



3-rasm.



4-rasm.

Agar straboskopni 0.1 sekundda bir marta yonadigan qilib sharni qiya tekislikdan yumalatib uning rasmini olsak, xar bir qo'shni qismlardagi o'rtacha tezliklari bir biridan ma'lum darajada sezilarli farq qiladi. Bu yerda sharning vaziyatlari orasidagi masofaga qarab o'rtacha tezlik haqida xulosa qilinadi (4a-rasm). 4a-rasmdagi 1,2 oraliqdagi shar harakatini har bir 0.02sek oraliqda straboskop yordamida yoritib rasmini olsak 4b-rasmdagidek xolni ko'ramiz. Undan ko'ramizki, xar bir qo'shni soxalardagi o'rtacha tezliklar farqi juda kichik bo'ladi.

Demak, sharning juda qisqa vaqt oraliqlaridagi (juda qisqa masofadagi) harakatidagi o'rtacha tezligi deyarli tekis



harakatga yaqin bo'lib, uni o'sha yerdagi (nuqtalardagi) tezligi oniy tezlik bo'ladi. Atvud mashinasida ham oniy tezlikni namoyish qilib ko'rsatishimiz mumkin.

## 1.2. TEZLANISH

O'quvchilarga jism harakatlanayotganda tezligi va yo'nalishi o'zgarib turishi mumkinligini aytib, unga misollar keltiramiz. Keyin  $\Delta t$  vaqt ichida tezlikning o'zgarishi  $\Delta \vec{v}$  ni

shu vaqt oralig'iga nisbati  $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  yangi vektor ekanini uning

yo'nalishi va miqdori turli vaqt oraliqlari uchun turlicha qiymatlarga ega bo'lishini, uni o'rtacha tezlanish deb yuritilishini aytib, vaqtni qisqartirib boraversak ma'lum bir

paytdan boshlab  $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  nisbatning o'zgarishini sezmay

qolishimiz, ya'ni  $\Delta t$  vaqtni cheklanmagan holda qisqartirib

borsak  $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  nisbat ma'lum bir chegara qiymatga intilishini, bu

chegara  $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$  jismning (nuqtaning) berilgan

paytdagi oniy tezlanishi deb yuritilishini tushuntirib o'tamiz.

Bu yerda  $dt$  cheksiz kichik vaqt oralig'ini ko'rsatadi. Bu vaqt oralig'ida tezlik vektori cheksiz kichik  $d\vec{v}$  qiymatga

o'zgaradi.  $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t}$  nisbatni tezlik vektori  $\vec{v}$  ni vaqt bo'yicha

hosilasi deb yuritiladi. Demak, tezlanish vektor kattalik bo'lib, u tezlikdan vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng bo'ladi.

Shuni ham aytib o'tish lozimki, tezlanishning yo'nalishi tezlik yo'nalishida emas tezlikning o'zgarish yo'nalishida bo'ladi. Masalan, biror jismni yuqoriga tik otsak ko'tarilishda tezlik yuqoriga yo'nalgan bo'lib, tezlikning o'zgarishi pastga yo'nalgan bo'ladi, ya'ni tezlanish pastga yo'nalgan

bo'lib, tekis sekinlanuvchan harakat bo'ladi. Pastga tushayotganda tezlikning o'zgarishi pastga yo'nalgan bo'lib, tezlanish ham pastga yo'naladi, bu vaqtda harakat tekis tezlanuvchan bo'ladi.

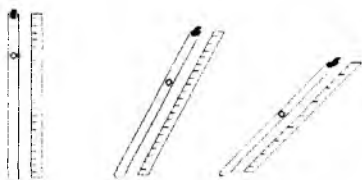
Egri chiziqli harakatda tezlik o'zgarimas bo'lganda tezlanish nolga teng bo'lmaydi, chunki tezlikning yo'nalishi o'zgarib turadi, bu esa tezlik o'zgarayotir degan so'zdir. Tezlikning yo'nalishini o'zgarishi tufayli ham nuqta tezlanish olishini, uni keyinroq ko'rib chiqilishini aytib, keyin tezlanish birligini tushuntiramiz.

## 2-§. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS HARAKAT

A) O'quvchilar asosiy tushunchalar bilan tanishganlaridan keyin to'g'ri chiziqli tekis harakat, tezlik haqidagi tushunchalar bilan tanishganlar. Litsey fizika kursining vazifasi o'quvchilarning bu bilimlarini chuqurlashtirish, aniqlashtirish va kengaytirishdir. Shuning uchun to'g'ri chiziqli tekis harakatga oid ba'zi tajribalarni qilib ko'rsatish yaxshi natija beradi.

Avval o'quvchilarga teng vaqtlar va teng masofalar haqidagi tushunchalarni takrorlab, keyin suvli naycha ichidagi pufakchani tekis harakat qilib ko'tarilishini tajriba yordamida ko'rsatib, tushuntiramiz. Naychani xar xil burchak qiyalatib, havo pufagini har xil tezlik bilan to'g'ri chiziqli harakat qildirish mumkin. Boshqa asboblardan bunday qilib bo'lmaydi. Naycha sinf doskasiga oldindan chizib qo'yilgan chiziq bo'ylab o'rnatiladi (5-rasm). Havo pufagining teng vaqtlar o'tgandagi vaziyatlari bo'r bilan qayd qilinadi. Teng vaqtlarni o'lchash uchun metronomdan yoki sekundomerdan (sekundli strelkasi bor soatdan) foydalanish mumkin.





5-rasm.

Harakatni o'rganishda bosib o'tilgan masofalarni va vaqt oraliqlarini o'lchashga to'g'ri keladi. Har qanday kattalikni biror darajada aniqlik bilan o'lchash mumkin. Shuning uchun biror harakatning tekis harakat ekanligi ham tajribada aniqlanishi mumkin. Bunga o'quvchilarning diqqatini jalb qilish kerak. Bunday qilinganda tekis harakatni o'rganish fizik jihatdan mazmunliroq va qat'iyroq bo'ladi.

a) O'quvchilar maktabda tekis harakat tezligi bilan tanishganlar. Bu tushuncha aniqlashtiriladi va rivojlantiriladi. Tezlikning vektor kattalik ekanligi ko'chishning vektor ekanligidan bevosita kelib chiqadi. Tezlik ko'chishni Shu ko'chish sodir bo'lgan vaqtga nisbati bilan aniqlanadi. Ma'lum bir yo'nalishda sodir bo'layotgan to'g'ri chiziqli harakatda ko'chish vektorining moduli bosib o'tilgan yo'l bilan ustma-ust tushadi, ya'ni teng bo'ladi. Bu hol maktabda o'rganiladi.

Avval to'g'ri chiziqli tekis harakatni takrorlashda uning asosiy belgisini ajratib ko'rsatamiz: moddiy nuqta ixtiyoriy teng vaqtlar oraliqlarida bir xilda masofalarga ko'chadi. Turli tekis harakatlarning tezliklari turlicha bo'lishini ikkita naychadagi pufakchalarning tezliklari turlicha bo'lishini ikkita naychadagi pufakchalarning tezliklarini ko'rsatish orqali tushuntiramiz: bir naychadagi havo pufakchasi ikkinchisidagidan kichik qilib olinadi va ularni yuqoriga ko'tarilish vaqtlari turlicha bo'lishiga asoslanib tezlik tushunchasini kiritib, uni ta'riflaymiz va formulasini beramiz.

$$\bar{g} = \frac{\bar{s}}{t} \quad \text{bundan ko'chish } \bar{s} = \bar{g} t \text{ bo'ladi.}$$

To'g'ri chiziqli tekis harakatda ko'chish bilan bosib o'tilgan yo'l ustma-ust tushgani uchun uni  $S = \mathcal{G}t$  kabi yoza olamiz (modulini). Bu tekis harakat tenglamasidir.

Shundan keyin tezlikning o'lchov birligini ta'riflanadi m/s; sm/s; km/s larning biridan ikkinchisiga o'tishini ko'rsatamiz.

O'quvchilarga Shuni ta'kidlab o'tish muximki, tezlik to'g'ri chiziqli tekis harakatni to'liq xarakterlaydi, chunki tezlikning son qiymati harakatning butun davomida o'zgarmaydi. Har xil harakatlar tezliklari turlicha bo'lishini misollarda aytib o'tamiz. Masalan, yorug'lik tezligi 300000 km/s; Oyning o'z orbitasi bo'ylab xarakatiniki 1 km/s; tayyorlarniki (samolyot) 1000 km/s; 0°s da havodagi tovushning tarqalishi 332 m/s, piyoda odamniki 1,4-1,8 m/s, ...

b) Tezlik tushunchasi kiritilgandan keyin mexanikaning asosiy masalasi to'g'ri chiziqli tekis harakat uchun qanday yechilishini ko'rsatish imkoni tug'iladi.

$\vec{\mathcal{G}} = \frac{\vec{s}}{t}$  dan  $\vec{s} = \vec{\mathcal{G}}t$  kelib chiqishini o'quvchilar biladilar.

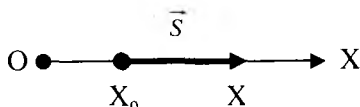
Jismning yangi koordinatalarini aniqlash uchun uning ko'chishini koordinata o'qlariga proektsiyasini aniqlash lozim. Ko'chish vektorining proektsiyasini bilgan holda jismning yangi koordinatlarini aniqlash mumkin, chunki koordinata o'qi bo'ylab bo'layotgan to'g'ri chiziqli xarakatda ko'chishning proektsiyasi jismning oxirgi va boshlang'ich koordinatalarining ayirmasiga teng bo'ladi (6-rasm).

$$S_x = X - X_0$$

Bundan

$$X = X_0 + S$$

$$S = \mathcal{G}t$$



6-rasm.

ekanini e'tiborga olgan holda tengligini quyidagichas yozamiz.

$$X = X_0 + \mathcal{G}t$$

$\mathcal{G}$  tezlikning proyeksiyasi  $\mathcal{G}_x$  uning moduliga teng bo'ladi. Shuning uchun  $\mathcal{G}_x$  o'rniga  $\mathcal{G}$  yozishimiz mumkin. Agar

$\vec{\mathcal{G}}$  ning yo'nalishi OX o'qning yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa

$$X = X_0 + g t \dots\dots\dots (1)$$

Agar  $\vec{g}$  tezlikning yo'nalishi OX o'qiga qarama-qarshi bo'lsa

$$X = X_0 - g t \dots\dots\dots (2)$$

bo'ladi.

(1) va (2) lardan ko'rinib turibdiki, jismning ixtiyoriy paytdagi holatini aniqlash uchun uning tezligi bilan boshlang'ich vaziyatini (koordinatasini) bilishimiz yetarlidir.

Mexanikaning asosiy masalasini yechishni o'quvchilar yaxshi o'zlashtirishlari uchun ular faqat ko'chish va yo'lni aniqlashga emas, balki jismning yangi koordinatalarini (vaziyatini) aniqlashga oid masalalarni ham ko'rib chiqishlari lozim. Quyidagi masalalarni ko'rib chiqaylik.

1. Poyezd yo'lining to'g'ri chiziqli qismida 72 km/soat tezlik bilan tekis harakat qilmoqda. U soat 6 dan 20 minut o'tganda stantsiyadan 1,5 km narida turgan svetofor oldidan o'tib ketadi. U soat 6 dan 25 minut o'tganda stantsiyadan qanday masofada bo'ladi? Soat 6 dan 15 minut o'tganda qaerda bo'lgan?

Yechish: Koordinata boshi stantsiyada bo'lgan sanoq sistemasini olamiz. Poezd svetafor oldidan o'tib ketayotgan paytdagi vaqtni hisoblashning boshlanishi qilib olamiz. Shunga ko'ra poezd svetafor oldidan o'tib ketayotgan paytdan 5 min=300s oldin qaerda bo'lishini aniqlash lozim.

$$t_1 = 6\text{soat}25\text{min} - 6\text{soat}20\text{min} = 5\text{min} = 300\text{s};$$

$$g = 72\text{km/soat} = 20\text{m/s}; X_0 = 1,5\text{km} = 1500\text{m}$$

Poezdning harakat yo'nalishini koordinata o'qining musbat yo'nalishi qilib olamiz.

$$X_1 = X_0 + g t_1 = 1500\text{m} + 20\text{ m/s} \cdot 300\text{s} = 7500\text{ m} = 7,5\text{ km}$$

Demak, poyezd bu paytda (6 soat 25 minutda) stantsiyadan 7,5 km o'tgan bo'ladi.

Masalani ikkinchi qismiga javob topishda vaqtni hisob boshlanishidan 5 min oldingi paytdagi o'rnini topish lozim bo'lgani uchun  $t = -300\text{s}$  deb olishimiz kerak bo'ladi.

U xolda

$$X_2 = X_0 + g t = 1500\text{m} + 20\text{ m/s} \cdot (-300\text{s}) = -4500\text{m} = -4,5\text{ km}$$

Bundan ko'ramizki, ko'rilayotgan vaqtda (6 soat 15 minutda) poezd stantsiyaga yetib kelmagan bo'lib, xali u bu paytda stantsiyadan 4,5 km oldinda bo'ladi.

2. Parashyutchi parashyutini ochib 200 m balandlikdan boshlab tekis harakat qilib 5 m/s tezlik bilan tusha boshladi. U 5 minutdan keyin qanday balandlikda bo'ladi?

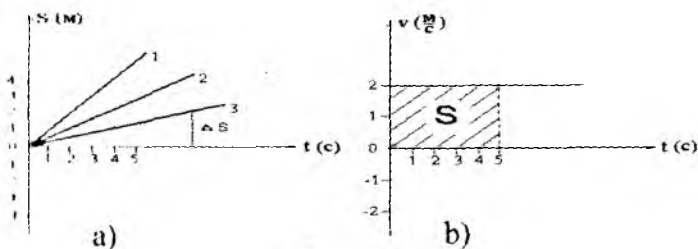
Yechish: Koordinata o'qini Yerdan tik ravishda yuqoriga yo'nalgan qilib tanlaymiz. Bu vaqtda parashyutching boshlang'ich vaziyati musbat ( $U_0=2000m$ ) tezligining proektsiyasi manfiy ( $g=5 m/s$ ) bo'ladi. Shuning uchun  $U=U_0-gt=2000m-5 m/s 300 s=500m$ .

Demak, parashyutchi Yerdan 500m balandda bo'ladi.

G) Shundan keyin to'g'ri chiziqli tekis harakatning grafigin tushuntirishga o'tamiz.

Fizik kattaliklar orasidagi funktsional bog'lanishlarni tasvirlash o'quvchilarni bir fizik kattalik ikkinchisiga qanday bog'liqligini tushunib olishlariga va boshqalarni bilishlariga imkon beradi. Shuning uchun ham o'quvchilarning funktsional bog'lanishlarni tasvirlashning grafik uslubini yaxshi o'zlashtirishlariga katta e'tibor berish kerak. Kursning o'quvchilar bu uslub bilan birinchi marta tanishadigan bo'lishlarida uni juda puxtalik bilan tanishtirish lozim.

Gorizontal o'q bo'ylab, ma'lum masshtabda vaqt sanog'i boshidan o'tgan vaqtni, vertikal o'q bo'ylab tegishli masshtabda bosib o'tilgan yo'lning qiymatlarini qo'yib va ularga mos nuqtalarni aniqlab grafik chiziladi. To'g'ri chiziqli tekis harakatda bosib o'tilgan yo'lning vaqtga bog'langan. grafigi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi (7-rasm).



7- rasm.

7a-rasmda tezliklari xar xil bo'lgan xarakatlarning bir nechta grafigi ko'rsatilgan, tezlik katta bo'lsa yo'l grafigi yo'l o'qiga yaqin bo'ladi. Grafikning vaqti o'qi bilan hosil qilgan  $\alpha$  - burchak tangensi  $\mathcal{G}$  tezlikka teng bo'lishini ham ko'rsatib o'tamiz.

$$\mathcal{G} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Ravshanki, grafik qancha tik bo'lsa, ya'ni grafik bilan vaqtlar o'qi orasidagi burchak qancha katta bo'lsa, tezlik Shuncha katta bo'ladi. 1-jismning harakat tezligi 2 – va 3 – jismlarning tezliklaridan kattadir.

Tezlik grafigini ham yuqoridagi kabi ko'rinishini (bunda vertikal o'qni tezlik o'qi deb olinadi) aytib uni misollar asosida chizib ko'rsatamiz.

To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Shuning uchun bu holda tezlik grafigi vaqt o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi (7 b-rasm).

Shu yerda tezlik grafigidan foydalanib ko'chishni aniqlash mumkinligini bir misolda ko'rsatib o'tish maqsadga muvofiqdir. Ma'lum bir vaqt oralig'idagi ko'chishni (yo'lni) tezlik grafigi yordamida topish uchun bu vaqtni vaqt o'qidan aniqlab, o'sha nuqtadan Shu o'qqa tik chiziq chiqaramiz. Bu chiziq tezlik grafigi bilan kesishib, uning ostida geometrik figura hosil qiladi. Bu figura yuzasining son qiymati ko'chishning son qiymatiga teng bo'ladi. Masalan 2 m/s tezlik bilan ketayotgan jismning 5 sekunddagi ko'chishini aniqlang. Berilganlarni shakldan belgilab chiziqlarni (grafikni va vaqt o'qiga tik chiziqni) chizib geometrik figurani hosil qilib, yuzasini hisoblaymiz va ko'chishni formula yordamida hisoblab ikkalasi bir hil natija berishini ko'rsatamiz. Shakldan  $S = 2m \cdot b \cdot 5m \cdot b = 10kv \cdot b$  formuladan  $S = \mathcal{G} \cdot t = 2m/s \cdot 5s = 10m$

To'g'ri chiziqli tekis harakatda ko'chishning o'qqa proektsiyasi o'zining moduliga teng bo'ladi, ya'ni ko'chish moduli bosib o'tilgan yo'lga teng bo'ladi.

### 3-§. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS HARAKATNING KINEMATIK TASVIRLASH

Jismning harakati – fazoda vaqt o'tishi bilan vaziyatini o'zgartirishini, bunda uning holatini (o'rnini) koordinatalari orqali aniqlanishini o'quvchilarga takrorlab, keyin koordinatani vaqtga bog'lanish grafigini ko'rib chiqamiz.

Aytaylik qo'limizda vaqtni o'lchovchi asbob (sekundomer, metronom yoki boshqa) bo'lsin. Uni yurg'izib biror jismning harakatini kuzataylik, ya'ni ma'lum vaqtlardagi jism o'rnini (koordinatasini) aniqlab boraylik.

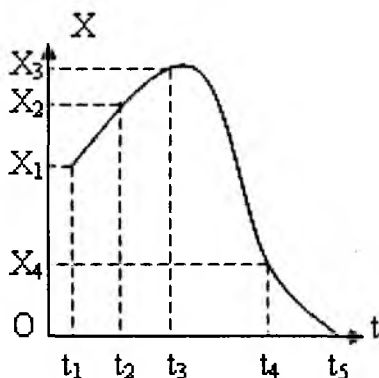
Vaqt  $t_1$  bo'lganda jism koordinatasi  $X_1$ ,  $t_2$  bo'lganda  $X_2$ ,  $t_3$  bo'lganda  $X_3$  va hokazo bo'lsin. Vaqt jismning harakatini kuzatishga boshlagan paytdan hisoblangan vaqtlardir.

Agar biz vaqtning har bir paytida koordinatasini bilsak, bu  $X$  ni vaqtga bog'lanishi, ya'ni  $X$  koordinata vaqtning *funksiyasi sifatida bo'lishi bizga ma'lum deganidir*. Buni  $X=f(t)$  yoki  $X=(t)$  kabi yoziladi. Bu  $X=(t)$  bog'lanishni jismning  $OX$  o'qi bo'yicha harakatining kinematik tasvirlashini beradi.

Ko'p hollarda harakatni kinematik tasvirlash  $X=X(t)$  grafik ko'rinishda berilishini aytib, vaqtni gorizontol o'qqa, koordinatalarni vertikal o'qqa qo'yib, biror misol asosida grafikni quramiz.

Masalan, qush pastdan yuqoriga va yuqoridan pastga tomon, umuman turli yo'nalishda uchayotgan bo'lsin. Uning  $t_1$  paytdagi koordinatasi  $X_1$ ,  $t_2$  paytdagi koordinatasi  $X_2$  va xokazo bo'lsa, ma'lum masshtabda grafigini quramiz (8-rasm).





8-rasm.

Grafikdan ko'ramizki, chumchuqning koordinatasi ortib boradi va eng yuqoriga chiqib, qaytganda koordinatasi kamayib boradi, ma'lum vaqt oralig'ida o'zgarmay ham turadi ( $X_4$ ), keyin koordinatasi yana kamayib, nolga ham teng bo'ladi. Jism harakatining koordinatasini vaqtga bog'lanish grafigi egri chiziqdan iboratdir.

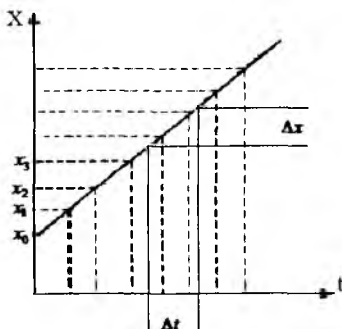
O'quvchilarga bu grafikani jismning ko'chishi va traektoriyasi bilan aralashtirib yubormasliklari uchun trayektoriya jism harakatida bo'lib o'tgan nuqtalarning geometrik o'rnidan iboratligini, bu traektoriyani ko'rish uchun jismning faqat X koordinatasining o'zgarishinigina emas, balki Y va Z koordinatalarining o'zgarishlarini ham bilish lozimligini tushuntirib ketamiz. Qurilgan grafika faqat X koordinataning vaqtga bog'lanish grafigidan iboratdir.

Agar biz to'g'ri chizikli harakatda koordinataning vaqtga bog'lanish grafigini chizmoqchi bo'lsak, bu holda ham har bir vaqt paytidagi ( $t_1, t_2, t_3, \dots$ ) jism koordinatasini ( $x_1, x_2, x_3, \dots$ ) aniqlab, keyin uning grafikasini ko'ramiz. Bu yerda  $t_1, t_2, \dots$  paytlardagi vaqt oraliqlarini bir xil qilib olamiz, masalan,  $\Delta t$  bo'lsin. Harakat to'g'ri chizikli bo'lgani uchun bu teng vaqtlar oraliqlarida jism bir xilda masofalarni bosib o'tadi, aytaylik bu masofa  $\Delta x = 0.5\text{m}$  bo'lsin. U holda jism harakatini kuzatishga boshlagan paytdagi boshlang'ich koordinatasi  $X_0$  bo'lsa,  $t_1 = \Delta t = 1\text{s}$  dan keyingi koordinasi  $X_1 = X_0 + 0.5 \cdot 1\text{s}$ ;

$t = t_1 + \Delta t = 2\Delta t = 2c$  dan keyin koordinatasi  $X_2 = X_0 + 0,5 \cdot 2c$ ;  
 $t = t_1 + \Delta t = 3\Delta t = 3c$   $x_3 = x_0 + 0,5 \cdot 3$  va hokazo  $X = X_0 + 0,5t$  bo'ladi.

Aniqlanganlarga asosan grafikni ko'ramiz. Tekis harakatda koordinata vaqtning chiziqli funktsiyasi ( $x(t)$ ) bo'lgani uchun bu harakatning grafigi ham to'g'ri chiziqdan iboratdir (9-rasm).

To'g'ri chiziqli tekis harakatda harakat chizig'i bilan (tracktoriya bilan koordinata o'qi ustma-ust tushishini o'quvchilarning eslariga tushirib, bu vaqtda teng vaqtlar oralig'ida jism bir xil masofalarga ko'chishini, bu masofalarning koordinatalari ham bir xil bo'lishini, bizning misolimizdagi bu bir xil masofalar uchun ketgan vaqtlar ham bir xil bo'lgani uchun u tezlikdan iboratligini ( $0,5m/1s$ ) tushuntirib, shunga asosan  $X = X_0 + \mathcal{G}t$  bo'lishini ko'rsatamiz.



9-rasm.

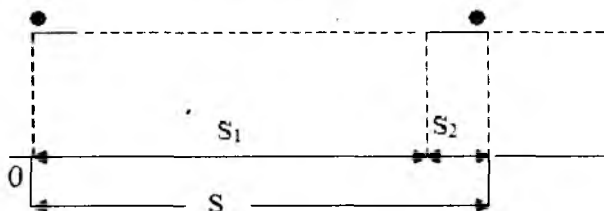
Demak, to'g'ri chiziqli tekis harakatda jism koordinatasining vaqtga bog'liqligi (harakat qonuni  $X = X_0 + Vt$ ) chiziqli funktsiyadan iboratdir. Bunday funktsiya bilan ifodalanadigan harakat to'g'ri chiziqli tekis harakat bo'ladi.

Grafikdan foydalanib, to'g'ri chiziqli tekis harakat tezligini ko'rsatishimiz mumkin. Grafikdan  $t=0$  da  $X = X_0$  boshlang'ich koordinata.  $\mathcal{G} = \Delta x / \Delta t$  harakat tezligi ekanligi ko'rinib turibdi. (grafikda vaqt va koordinata intervallarini kattaroq qilib ko'rsatildi).

#### 4-§. TO'G'RI CHIZIQLI HARAKATLARNI VA TEZLIKLARNI QO'SHISH

O'quvchilar harakat va tinchlikning nisbiyligi haqidagi tushuncha bilan birinchi darslarda tanishganlar. Bu yerda tezliklarni qo'shish bilan tanishtirib ketish maqsadga muvofiqdir.

Avval bir to'g'ri chiziq bo'ylab sodir bo'layotgan harakatlarni qo'shishni quyidagicha misolda ko'rib chiqamiz: kishi kemada shu kema ketayotgan yo'nalishda ketayotgan bo'lsa uning qirg'oqqa nisbatan harakati ikkita harakatdan, ya'ni kishining kemaga nisbatan va kemaning qirg'oqqa nisbatan harakatidan iboratdir. Kishining qirg'oqqa nisbatan ko'chishi ( $S$ ), kemaning qirg'oqqa nisbatan ko'chishi ( $S_1$ ) bilan kishi kemaga nisbatan ko'chishining ( $S_2$ ) yig'indisiga teng bo'ladi (10-rasm).  $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$



10-rasm.

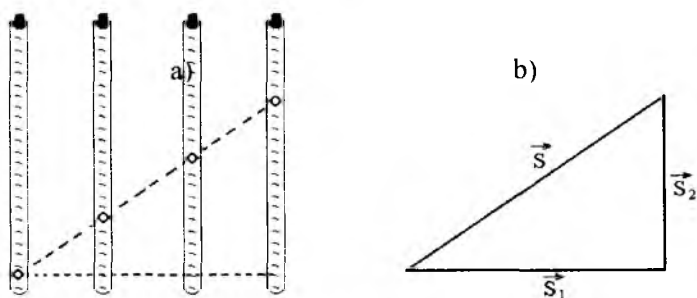
Harakatlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab sodir bo'layotgani uchun ko'chish vektorining moduli o'tilgan yo'lga teng bo'ladi. U holda  $S=S_1+S_2$  kabi yoza olamiz. Bu tenglikning o'ng va chap tomonlarini harakat vaqtiga bo'lib tezliklarini topamiz.

$$g = g_1 + g_2$$

Agar kishi kema harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilsa  $g = g_1 - g_2$  bo'ladi.

Shundan keyin umumiy holni ko'rib chiqamiz. Buning uchun quyidagicha tajribadan foydalanamiz. Ichidagi suyuqlikda havo pufagi harakatlanadigan naychani sinf doskasi oldida tik ushlagan holda gorizontal yo'nalishda tekis

harakatlantiramiz. Naycha ichidagi havo pufagining teng vaqtlar o'tgandagi vaziyatlarini doskaga chizib qayd qilib boramiz. Vaqt oraliqlari metronom yoki sekundomer yordamida hisoblanadi. Tajribaga asosan, natijalovchi harakat tashkil etuvchi harakatlardan yasalgan parallelogramning (uchburchakning) diagonali (gipotenuzasi) bilan tasvirlanishini tushuntiramiz va natijalovchi harakat ham to'g'ri chiziqli harakatdan iboratligini ko'rsatamiz. (11-rasm).



11-rasm.

Buni  $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$  harakat vaqtiga bo'lib tezliklarini aniqlaymiz.

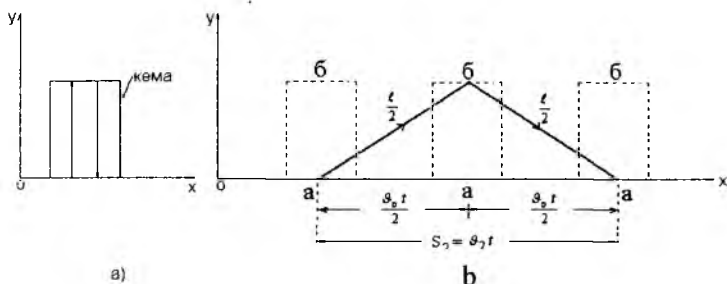
$$\frac{\vec{S}}{t} = \frac{\vec{S}_1}{t} + \frac{\vec{S}_2}{t} \quad \text{bundan:} \quad \vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$$

Bir necha masalalar yechib o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

Masala 1. Eni  $d$  bo'lgan kema suvda  $V_0$  tezlik bilan harakatlanmoqda. Kemada odam kema eni bo'ylab (kema harakatiga tik yo'nalishda) bir qirg'og'idan ikkinchi qirg'og'iga borib qaytib keldi. Bunga  $t$  vaqt ketdi. Odamning ko'chishini va bosib o'tgan yo'lini a) kemaga nisbatan, b) qirg'oqqa (Erga) nisbatan aniqlansin. Harakatlar to'g'ri chiziqli tekis harakatdan iboratdir.

Yechish: a) kemaga nisbatan (12a-rasm) ko'chish  $S_1=0$ , yo'l  $l_1=2d$ : b) Qirg'oqqa nisbatan (12b-rasm);  $S_2=V_0t$ :

$$l_2 = 2\sqrt{(\vec{g}_0 t / 2)^2 + d^2} = \sqrt{\vec{g}_0^2 t^2 + 4d^2}$$



12-rasm

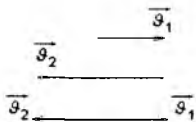
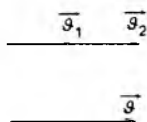
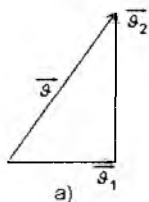
Masala 2. Daryoda suv  $g_1=3$  m/s tezlik bilan oqmoqda. Qayiq suv oqimiga tik ravishda suvga nisbatn  $g_2=4$  m/s tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa uning qirg'oqqa nisbatan tezligi qancha bo'ladi. Qayiq oqim yo'nalishida va unga qarshi harakatlansachi?

Yechish: Qayiq suv oqimiga tik yo'nalishda harakatlanganda uning tezligi parallelogramm (uchburchak)

qoidasiga ko'ra (13a-rasm).  $\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$

Son qiymatini (to'g'ri burchakli uchburchakda) Pifagor teoremasidan foydalanib topamiz.

$$g^2 = g_1^2 + g_2^2; \quad g = \sqrt{(g_1^2 + g_2^2)} = \sqrt{9 + 16} = 5 \text{ m/s}$$



13-rasm

Qayiq suv oqimi bo'ylab harakatlanganda (13b-rasm).

$$g = g_1 + g_2 = 3 \text{ m/s} + 4 \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$$

Qayiq suv oqimiga qarshi yo'nalishda harakatlanganda (13v-rasm).

$$g = g_1 - g_2 = 3 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s} = -1 \text{ m/s}$$

Demak, qayiq oqimga qarshi yo'nalishda qirg'oqqa nisbatan 1m/s tezlik bilan harakat qiladi.

## 5-§. TO'G'RI CHIZIQLI NOTEKIS HARAKAT

Notekis harakatlarni o'rganishda ba'zi bir yangi tushunchalarni kiritish zaruriyati tug'iladi. O'zgaruvchan harakatlarning asosiy xarakteristikalaridan oniy tezlik va tezlanish tushunchalarini bilish muximdir. Oniy tezlik o'rtacha tezlik orqali aniqlanishini e'tiborga olsak, unga ma'lum darajada etibor berishimizga to'g'ri keladi. Shuning uchun avval notekis harakatni o'quvchilar kundalik hayotlarida ko'rib yurgan misollar asosida tushuntirib, keyin o'rtacha tezlikni hisoblash formulasini ( $\vec{g} = \vec{S}/t$  vektor kattalik  $\bar{g} = S/t$  skalyar kattalik) beramiz.

### 5.1. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS O'ZGARUVCHAN HARAKAT. TEZLANISH

a) O'quvchilarga notekis harakatda jismning trayektoriyasining turli nuqtalaridagi oniy tezliklari turlicha bo'lishini takrorlab, keyin o'zgaruvchan harakatlarning Shundaylari ham bo'lishi mumkinligini, unda jismning tezligi teng vaqtlar oraliqlarida bir hilda o'zgarib borishini aytib unga misollar keltiramiz. Masalan, poezd stantsiyadan chiqib uzoqlashayotganda yoki staniyaga kirib kelayotganda uning tezligi teng vaqtlar oraliqlarida taxminan bir xilda o'zgarishini, ya'ni jism bir nuqtadan ikkinchisiga o'tganda uning oniy tezligi bir xilda o'zgarib boradi deb qarashimiz mumkinligini aytib, keyin ustida tomizgichi bo'lgan aravachani qiya tekislikdagi harakatini yoki qiya tekislikdan tushayotgan sharchning straboskopik rasmini namoyish qilib (3- va 4-rasmlar; 15 betga qarang), shularga asosan tekis o'zgaruvchan harakat ta'rifini beramiz.

b) Shundan keyin o'quvchilarga tezlikning o'zgarishini fizikada "tezlanish" deb ataluvchi fizik kattalik yordamida

harakterlanishini aytib, yuqorida aytilgan tajribalarga asoslangan holda tezlanish ta'rifini beramiz.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{g}}{\Delta t} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t - t_0} \quad (1)$$

Agar vaqtni hisoblashni  $t_0=0$  bo'lgan paytdan boshlasak,

$$a = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t} \quad (2)$$

Tezlanishni moduli  $a = \frac{g - g_0}{t}$ , uning birligi  $m/s^2$  ekanini tushuntiramiz.

(2) dan ixtiyoriy paytdagi oniy tezlikni aniqlash formulasi

$$\vec{g} = \vec{g}_0 + \vec{a}t \quad (3)$$

Bu formula ixtiyoriy tekis o'zgaruvchan harakatga taalluqlidir. Agar jism bir to'g'ri chiziq bo'ylab harakat qilsa koordinata o'qini tezlik yo'nalishida olsak (3) tenglikning bu o'qqa proektsiyasi

$$g_x = g_{ox} + a_x t \quad (4)$$

Bu yerda  $g_x$ ,  $g_{ox}$ ,  $a_x$  lar  $\vec{g}$ ,  $\vec{g}_0$ ,  $\vec{a}$  vektorlarning proektsiyalaridir.

Agar jism biror koordinata o'qining yo'nalishi bilan ustma-ust tushmaydigan yo'nalish bo'ylab harakat qilsa, u holda tezlik vektorining yo'nalishini va modulini (miqdorini) ikkita o'qqa proektsiyasi orqali aniqlanadi (3) ni  $Y$  o'qiga proektsiyasi

$$g_y = g_{oy} + a_y t \quad (5)$$

(4) va (5) da proektsiyalarning ishorasi ularning xarfiy belgilarida bo'ladi. Shuning uchun ular va (2) formulalar tezlanuvchan va sekinlanuvchan harakatlarga ham qo'llanadi, faqat ularning son qiymatlarini qo'yishda ishorasini hisobga olib yoziladi. Bu tenglamalarni moduli orqali ham yozishimiz mumkin.

To'g'ri chizikli harakatda o'qni hamma vaqt harakat yo'nalishida olishimiz mumkin. Agar tezlanish o'zgarmas

bo'lsa harakat to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatdan iborat bo'ladi. Tezlanishning yo'nalishi tezlik yo'nalishi bilan bir hil bo'lsa tekis tezlanuvchan harakat bo'lib, jism tezligi

$$g = g_0 + at \quad (6)$$

bo'ladi.

Agar tezlanish tezlikka qarama-qarshi yo'nalishda bo'lsa tekis sekinlanuvchan harakat bo'lib, jism tezligi

$$g = g_0 - at \quad (7)$$

bo'ladi.

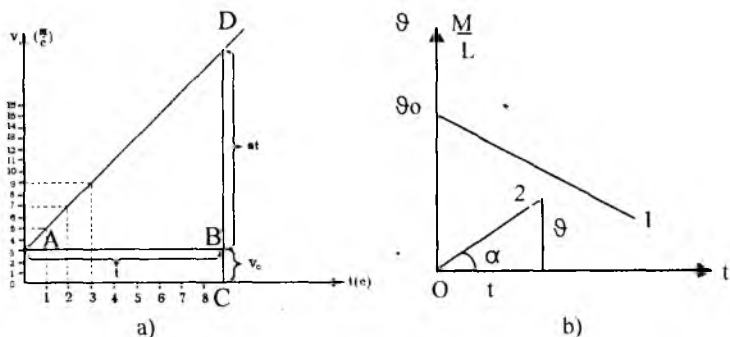
Tezlanish va tezliklarni aniqlashga doir masalalar yechib o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

O'quvchilar to'g'ri chiziqli tekis harakatni o'rganish vaqtida tezlik grafikasidan foydalanib bosib o'tilgan yo'lni aniqlash mumkinligi bilan tanishganlar. Ularning Shu tushunchalariga asosan tekis tezlanuvchan harakatda tezlik grafigini ko'rib, undan foydalanib bosib o'tilgan yo'lni aniqlashni ham ko'rsatib o'tsak ularda grafika va undan foydalanish haqidagi tasavvurlari yanada rivojlanadi.

Buning uchun avval boshlang'ich tezlikka ega bo'lgan tekis tezlanuvchan harakat tezligining grafikasini biror misol yordamida ko'ramiz va undan foydalanib bosib o'tilgan yo'ning hisoblash formulasini chiqaramiz. Masalan, jismning boshlang'ich tezligi  $g_0 = 3 \text{ m/s}$ , tezlanishi  $a = 2 \text{ m/s}^2$  bo'lsa, uning tezligi  $g = 3 + 2t$  bo'lib, vaqt  $t = 0, 1, 2, 3, \dots$  bo'lgan vaqtlardagi qiymatlari  $g_1 = g_0 = 3 \text{ m/s}$ ;  $g_2 = 5 \text{ m/s}$ ;  $g_3 = 7 \text{ m/s}$ ;  $g_4 = 9 \text{ m/s} \dots$  bo'ladi.

Tanlangan masshtabda vaqtlarni gorizontaal o'qda, ularga mos tezliklarni vertikal o'qda aniqlab ularga asosan tezlik grafikasini ko'ramiz. (14a-rasm). 14b-rasmda tekis sekinlanuvchan harakatdagi tezlik grafigi (1-si) va boshlang'ich tezligi 0 ga teng bo'lgan tekis tezlanuvchan harakatdagi tezlik grafigi keltirilgan (2-si). Tezlik grafigini vaqt o'qi bilan tashkil qilgan burchagini  $\alpha$  - desak  $\tan \alpha = V/t$  bo'ladi.





14-rasm.

Tezlanish grafigi ( $a = \text{const}$ ) vaqt o'qiga parallel bo'lishini chizmalarda ko'rsatib tushuntiramiz. Shundan keyin tezlik grafigasining xossasini o'quvchilarning eslariga tushirib, bu yerda ham tezlik grafigasidan foydalanib bosib o'tilgan yo'lni hisoblash formulasini keltirib chiqarishimiz mumkinligini aytib, shunga to'xtalamiz.

Aytaylik biror  $t$  vaqtda jismning bosib o'tgan yo'lini aniqlash kerak bo'lsin. Vaqt o'qidan masshtablar yordamida  $t$  vaqtni aniqlab, bu nuqtadan vaqt o'qiga tik chiziq chiqaramiz. Bu chiziq tezlik grafigasi bilan kesishib geometrik figurani (trapetsiyani) hosil qiladi (14a-rasm). Bu figura yuzasining son qiymati bosib o'tilgan yo'lning son qiymatiga teng bo'ladi. Hisoblashni osonlashtirish uchun tezlik o'qidagi  $\vartheta_0 = 3 \text{ m/s}$  ga to'g'ri kelgan nuqtadan vaqt o'qiga parallel chiziq o'tkazamiz. Trapetsiya to'g'ri burchakli to'rt burchak bilan to'g'ri burchakli uchburchakka ajraladi.

Rasmdan va tezlik formulasidan foydalanib  $OA = BC = \vartheta_0$ ;  $OC = AB = t$ ;  $BD = at$  ekanini ko'rsatamiz.

Trapetsiyaning yuzasi  $OABC$  to'rtburchak bilan  $ABD$  uch burchak yuzalarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni  $S = S_1 + S_2$ ,

$$S_{1 \text{ OABS}} = \vartheta_0 t \text{ va}$$

$$S_{2 \text{ ABD}} = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{at^2}{2} \text{ bo'lishini ko'rsatib, ularni o'rniga}$$

qo'yamiz va quyidagini hosil qilamiz.

$$S = g_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (1) \text{ Bu to'g'rii chiziqli tekis tezlanuvchan}$$

harakatda bosib o'tilgan yo'lni aniqlash formulasidi r. Agar jism tekis sekinlanuvchan harakat qilsa

$$S = g_0 t - \frac{at^2}{2} :$$

(2)

bo'ladi. (1) va (2) larni harakat tenglamalari deb yuritiladi.

O'quvchilarga to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda bosib o'tilgan yo'lni aniqlashga va bosib o'tilgan yo'l bilan tezlik formulalarini qo'llanadigan murakkabroq masalalardan ishlab ularning bilimini mustaxkamlaymiz.

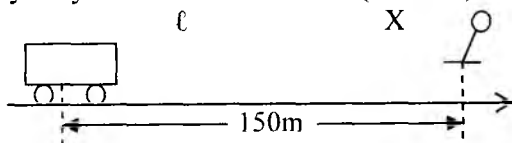
Shu yerda mexanikaning asosiy masalasi qanday hal qilinishiga ham to'xtalib o'tamiz: agar jismning boshlang'ich o'rni va tezligi ( $X_0$  va  $g_0$ ), hamda tezlanishi ( $a$ ) aniq bo'lsa

$$X = X_0 + S = X_0 + g_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

formula yordamida ixtiyoriy vaqtda jism qayerda bo'lishini aniqlash mumkinligini misollar va masalalar yechish orqali ko'rsatamiz.

Masala: 72 km/soat tezlik bilan ketayotgan poyezd svetoforga  $l=150$  m yetmasdan tormoz beradi. Natijada u  $a=0.1$  m/s<sup>2</sup> tezlanish bilan harakat qiladi. Poyezd tormozlangan paytdan 10 s va 30 s o'tganda qayerda bo'ladi.

Yechish: Koordinat boshini svetoforda,  $X$  o'qining yo'nalishini poyezd yo'nalishida deb olamiz (15-rasm).



15-rasm

Poyezdning koordinatasi  $X = X_0 + g_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$  formuladan aniqlanadi.

Bu yerda  $X_0 = -l = -150$  m (tormozlangan paytda poezd koordinata boshidan 150 m oldinda bo'lgan)

$g = 72 \text{ km/soat} = 20 \text{ m/s}$ ;  $a_x = a = 0.1 \text{ m/s}^2$  (harakat tekis sekinlanuvchan bo'lgani uchun)  $l$ ,  $V_0$  va  $a$  larning son qiymatlarini qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$X = -150 + 20t + \frac{0.1t^2}{2}$$

Bundan  $t_1 = 10 \text{ c}$  da  $X = -55$  m;  $t_2 = 30 \text{ c}$  da  $X = 495$  m kelib chiqadi.

Demak, poyezd tormozlangandan keyin 10 s o'tganda svetafora 55 m yetmagan bo'lib, 30 s o'tganda svetofordan 495 m o'tib ketgan bo'ladi.

## 6-§. JISMLARNING ERKIN TUSHISHI

Jismlarning havosiz yerda tushushini erkin tushish deb atalishi va ular erkin tushganda tekis tezlanuvchan harakat qilishini aytib, uni tajribalar yordamida tasdiqlaymiz. Avval bir varaq qog'oz bilan biror qattiq jismni havoda biror balandlikdan tashlaymiz. Keyin Nyuton naychasidan havo bo'lganda va havosi so'rib olingandan so'ng uning ichida jismlarning tushishini kuzatamiz.

Bu tajribalarni taxlil qilish jismlarning tushishida havoning rolini oydinlashtiradi. O'quvchilar bo'shliqda (havosiz yerda) hamma jismlar o'z tezliklarini bir xil o'zgartiradi, ya'ni ular xammasi bir xil tezlanish bilan tushadilar degan xulosaga keladilar. Bu tezlanishni erkin tushish tezlanishi deb atalishini, uning son qiymatini ko'plab tajribalarda aniqlanganini aytib, ularning imkoni boridan foydalanib aniqlaymiz.

Metodik adabiyotlarda turli usullar keltirilgan (masalan, qarang L.I.Reznikov va boshqalar. Maktabda fizika o'qitish metodikasi. 1tom. Toshkent-1963. 69-73-betlar). Atvud mashinasida ham ko'rsatishimiz mumkin.

Erkin tushish tezlanishini aniq tajribalarda olingan qiymati  $9,81 \text{ m/s}^2$  ekanini, uni  $g$  xarfi bilan belgilanishini aytib o'tamiz.

O'quvchilarga erkin tushish tezlanishi Yer sirtida  $9,8 \text{ m/s}^2$ , Oy sirtida  $-1,6 \text{ m/s}^2$ , Mars sirtida  $-3,5 \text{ m/s}^2$ , Quyosh sirtida  $-265 \text{ m/s}^2$  ... ekanini doskaga yozib ko'rsatamiz.

Hamma jismlar havosiz yerda bir hil o'zgarmas tezlanish bilan harakat qilib tushadilar. Shuning uchun ularning harakati tekis tezlanuvchan harakatdan iborat bo'ladi. Bu harakatni ham biz ko'rib o'tgan tekis tezlanuvchan harakat qonuniyatlari (formulalari) yordamida o'rganilishini, faqat tezlanishini  $g$  bilan ko'chishini (bosib o'tgan yo'lini)  $h$  bilan belgilanishini aytib, ularni yozib qo'yamiz.

$$g = g_0 + gt$$

$$h = g_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

Agar erkin tushayotgan jismning boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lsa  $g = gt$ ;  $h = gt^2/2$

Agar jismni yuqoriga tik ravishda ma'lum bir  $g_0$  tezlik bilan otilsa u tekis sekinlanuvchan harakat qilishini, havoning qarshiligini e'tiborga olmasak tezlanishi erkin tushish tezlanishidan iborat bo'lishini, uning yo'nalishi doim Yerga tomon bo'lgani uchun jism tezligiga qarshi yo'nalgani, Shu sababli jism tekis sekinlanuvchan harakat qonuniyatlari

$$g = g_0 - gt \text{ va } h = g_0 t - \frac{gt^2}{2} \text{ lardan iboratligini tushuntiramiz.}$$

Bir necha masalalar yechib o'quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz.

Masala: Yerdan 30 m balandlikdagi nuqtadan jism erkin tusha boshlaydi. U 2 sekunddan keyin qanday tezlikka ega bo'ladi va Yerdan qanday balandlikda bo'ladi? Qancha vaqtda Yerga tushadi?

Yechish: Jismning vaziyatini Yerga nisbatan aniqlash talab etilgani uchun koordinata boshini Yerda deb olamiz va OY koordinata o'qini yuqoriga tik yo'naltiramiz (16-rasm).

Bu vaqtda  $g = g_0 + at$

$g_0 = 0$  va  $a = -g$  bo'lgani uchun  $g = -9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 2\text{s} = -20 \text{ m/s}$

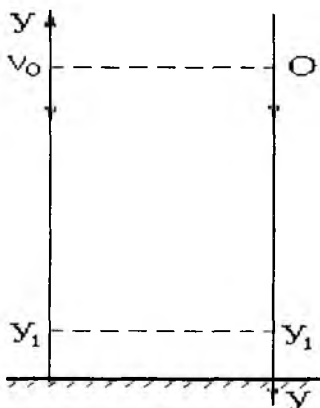
“Minus” ishora tezlikning yoʻnalishi koordinata oʻqining yoʻnalishiga qarama-qarshi ekanligini (pastga yoʻnalganligini) (16-rasm) koʻrsatadi.

2 sekunddan keyin jismning Yerdan qancha masofada boʻlishini uning koordinatasi orqali aniqlanadi:

$$h_1 = h_0 - \frac{gt^2}{2} = 30\text{m} - \frac{10\text{M/c} \cdot 4\text{c}^2}{2} = 10\text{m}$$

Jismning Yerga yetib kelgan paytdan koordinatasi  $h_1=0$  boʻladi. U holda,  $0 = h_0 - \frac{gt^2}{2}$  yoki  $h_0 = \frac{gt^2}{2}$  bundan

$$t = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 2,5\text{c}$$



16-rasm

### 7-§. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS O'ZGARUVCHAN HARAKATDA KOORDINATANING VAQTGA BOG'LIQLIK GRAFIGI

O'quvchilarga jism to'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat qilsa, uning tezligi va tezlanishi vektorlarining proyeksiyalari bir xil yoʻnalgan boʻlib, uning skalyar

tenglamasi  $X = X_0 + g_{ox}t + \frac{a_x t^2}{2}$  yoki  $X = X_0 - g_{ox}t - \frac{a_x t^2}{2}$

bo'lishini, agar jism tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsa, tezlik va tezlanish vektorlarining proektsiyalari qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, uning skalyar tenglamasi

$$X = X_0 + g_{ox}t - \frac{a_x t^2}{2} \text{ yoki } X = X_0 - g_{ox}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

bo'lishini, ularni kvadrat uch had  $y = ax^2 + bx + c$  bilan solishtirib, undagi  $a = \frac{|a_x|}{2}$ ;  $b = |V_{ox}|$ ;  $c = |X_0|$  bo'lishini

ko'rsatamiz.

Matematikadan ma'lumki  $y = ax^2 + bx + c$  kvadrat uch hadning grafigi paraboladan iborat, demak to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatning ham grafigi paraboladan iborat bo'ladi. Parabola uchining (boshlanish nuqtasining) koordinatalari

$$x = -\frac{b}{2a} = -\frac{|g_{ox}|}{|a_x|}; \quad y = c - \frac{b^2}{4a} = |x_0| - \frac{g_{ox}^2}{2|a_x|}$$

dan iborat bo'lishini, uni matematikada isbot etilishini aytib, uni qisqacha ko'rsatib o'tamiz.

Ma'lumki, giperbolaning kanonik tenglamasi:

$$y - y_0 = K(x - x_0)^2 \quad (1)$$

$y = ax^2 + bx + c$  tenglikni (1) ning ko'rinishiga keltiramiz:

$$y = a\left(x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{c}{a}\right) = a\left[\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 + \frac{c}{a} - \frac{b^2}{4a^2}\right] = a\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 + \left(c - \frac{b^2}{4a}\right)$$

yoki

$$y - \left(c - \frac{b^2}{4a}\right) = a\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 \quad (2)$$

(2) bilan (1) solishtirib,  $y_0 = c - \frac{b^2}{4a}$ ;  $x_0 = -\frac{b}{2a}$  ekanini

aniqlaymiz. Bular parabola uchining koordinatlaridir.

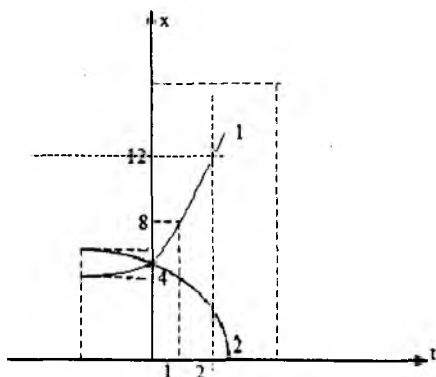
Shundan keyin grafika qurishga misollar ko'rib chiqamiz. Masalan,  $x = 5 + 2t + t^2$  harakat tenglamasining grafigini ko'raylik.

X ning vaqt  $t$  ga bog'lanishidan ko'ramizki, bu harakat tekis o'zgaruvchidir.  $g_{ox}$  va  $a_x$  ishoralari (yo'nalishlari) bir hil bo'lgani uchun u tekis tezlanuvchan harakat tenglamasidir. Tenglamadan ko'ramizki, jism tezlanishi  $a_x=2\text{m/s}^2$ . boshlang'ich paytda jism  $x_0=5\text{m}$  bo'lgan nuqtada bo'lib, uning boshlang'ich tezligi  $g_{ox}=2\text{m/s}$  bo'lgan. Bu tenglamaning grafigi paraboladan iborat bo'lib, uning boshlanish nuqtasining (uchining) koordinatalari:

$$X = -\frac{|g_{ox}|}{|a_x|} = -\frac{2}{2} = -1; Y = X_0 - \frac{g_{ox}^2}{2|a_x|} = 5 - \frac{4}{2 \cdot 2} = 5 - 1 = 4$$

Bu parabolani quramiz

(17-rasm) O'quvchilarga  $x=5-2t-t^2$  tenglamaning grafigini qurishni vazifa qilib berishimiz mumkin (17-rasmda 2-grafik)



17-rasm.

Shuni ham aytish kerakki, o'quvchilar koordinataning vaqtga bog'lanish grafigi bilan jismning harakat traektoriyasining bir-biridan ajrata olishlari lozim. Trayektoriya jismning sanoq sistemasida (fazoda, tekislikda, to'g'ri chiziqli) harakatlanish egri chizig'idan iboratdir ( $x, y, z$  koordinatalar orasidagi bog'lanishlardan iboratdir). Koordinataning vaqtga bog'lanish grafigi esa, koordinata-vaqt tekisligidagi chiziqdan iboratdir.

Masalan, jism  $h$  balandlikdan gorizontga burchak ostida otilgan bo'lsa uning quyidagi tenglamalar orqali tasvirlaymiz (18-rasm):

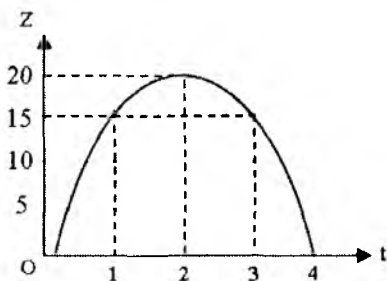
$$X = g_{ox}t; \quad Z = h + g_{oz}t - \frac{gt^2}{2} \quad \text{Bu yerda } g_{ox} = \left| \overrightarrow{g_{ox}} \right|;$$

$$g_{oz} = \left| \overrightarrow{g_{oz}} \right|; \quad g = \left| \overrightarrow{a} \right|$$

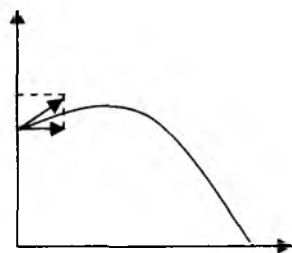
Tengliklardan vaqtни yo'qotib,  $z$  va  $x$  orasidagi bog'lanishni aniqlaymiz.

$$Z = h + \frac{g_{oz}}{g_{ox}} X - \frac{g}{2g_{ox}^2} X^2$$

Bu  $Z$  koordinata uchun kvadrat uch had hosil bo'ldi. Buning grafigi paraboladan iboratdir. Bizning misolda jism traektoriyasi parabolaning bir qismidan iboratdir (18-rasm).



18-rasm.



19-rasm.

Agar jism yuqoriga tik otilgan bo'lsa, uning koordinatasini vaqtga bog'liq grafigi boshlanishi yuqorida bo'lgan pastga qaragan paraboladan iborat bo'ladi (19-rasm).

Haqiqatan ham Shunday ekanini ko'rib chiqaylik:

Yuqoriga tik otilgan jismning harakat tenglamasi  $Z = g_{oz}t - \frac{gt^2}{2} = 20t - 5t^2$  bo'lsin. Yuqorida aniqlaganimiz kabi



$$Z_0 = c - \frac{b^2}{4a} = 0 + \frac{g_{oz}^2}{2|g_z|} = \frac{400}{20} = 20\text{m};$$

$$X_0 = \frac{-b}{2|g_z|} = \frac{|g_{oz}|}{|g_z|} = \frac{20}{10} = 2\text{m}$$

Demak, boshlanishi (20m, 2s) nuqtada bo'lgan paraboldan iborat bo'ladi.

t(c)	0	1	2	3	4
z(m)	0	15	20	15	0

Bunga asosan grafikani quramiz. U yuqoridagi kabi (18-rasm) ko'rinishga ega bo'ladi.

O'quvchilarga yuqoridan erkin tushayotgan jism yoki yuqoriga tik otilgan jism harakatiga oid tenglamalarning berib, unda koordinataning vaqtga bog'lanish grafisini aniqlashni vazifa qilib berish maqsadga muvofiqdir.

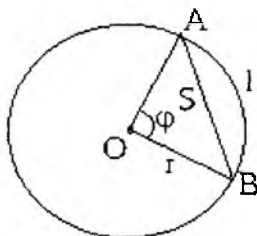
## 8-§. AYLANA BO'YLAB TEKIS HARAKAT

Ma'lumki, juda ko'p harakatlar egri chiziqli bo'ladi. Bunga misollar keltirib keyin egri chiziqli harakatlarni aylana yoylari bo'yicha bo'layotgan harakatlarga ajratib o'rganish mumkinligini aytib, turli egri chiziqli harakatlarning trayektoriyalarini chizib, ularni qanday aylanalarning yoylari bo'yicha sodir bo'layotganini tushuntiramiz. Shunday keyin aylana bo'ylab tekis harakatni ko'rib chiqishga o'tamiz (20-rasm).

Aylana bo'ylab tekis harakat ta'rifini berib, bundagi chiziqli tezlik vaqt birligida jismning bosib o'tgan yoyi bilan o'lchanishini va u  $g = \frac{\Delta l}{\Delta t}$  ga tengligini, bu yerda  $\Delta l$  – jismni

$\Delta t$  vaqtda bosib o'tgan yoyi ekanligini tushuntiramiz. Shundan keyin aylana bo'ylab harakatning asosiy xarakteristikasidan biri burchakli ko'chish ekanini aytib, uning formulasini va birligini tushuntiramiz:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta l}{r}; \quad \Delta l=r \text{ bo'lganda } \varphi=1 \text{ rad bo'ladi}$$



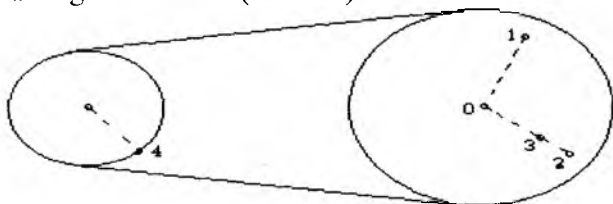
20-rasm.

Bundan ko'ramizki, aylana radiusiga teng bo'lgan yoyga tiralgan markaziy burchak bir radian bo'ladi. Jism bir marta aylanib chiqsa  $\Delta\varphi = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$  radian.

Shundan keyin aylanish davri, chatotasi burchak tezlik, chiziqli tezlik va ular oralaridagi bog'lanishlarni ko'rib chiqamiz.

Burchak tezlik va chiziqli tezliklar haqidagi tushunchalarni tajriba yordamida ko'rsatib borilsa o'quvchilarning o'zlashtirishlari oson bo'ladi.

Birining diametri ikkinchisidan taxminan ikki marta katta bo'lgan ikkita disk (doira shaklidagi taxtacha) olib ulardan tasmasli uzatish modelini yig'amiz. Tasma sifatida eski o'lchov lentasidan foydalanish mumkin. Katta diskda markazidan bir xil uzoqlikdagi 1- va 2- nuqtalarni belgilab, kichik diskni sekin asta aylantiramiz. Oldin 1/4 ga keyin 1/2 ga, oxiri to'la aylantiramiz. Ikkala nuqta bir xil vaqtda bir xil masofalarni bosib o'tadilar va ularning radiuslari bir xil burchaklarga buriladilar. (21-rasm).



21-rasm.

Keyin 2-nuqtaning radiusi bo'ylab, 3-nuqtani belgilaymiz (bu nuqtaning radiusini kichik disk radiusiga teng qilib olamiz). Diskni aylantirib ularning radiuslari bir xil burchaklarga burilishini va bosib o'tgan masofalari har xil bo'lganini ko'rsatamiz. Bundan bu nuqtalarning burchak tezliklari bir xil bo'lib, chiziqli tezliklari turlicha bo'ladi, degan xulosani chiqaramiz.

3-nuqta pastki xolatni oladigan qilib qo'yamiz va ikkinchi kichik disk gardishida 4-nuqtani belgilaymiz. Kichik diskni bir marta to'la aylantiramiz. Katta disk taxminan  $\frac{1}{2}$  marta aylanadi. Bosib o'tgan masofalari esa bir xildir. Bundan 3-va 4-nuqtalarning chiziqli tezliklari bir hil bo'lib, u tasmaning tezligiga teng bo'ladi, burchak tezliklari esa har xil bo'ladi, degan xulosani chiqaramiz.

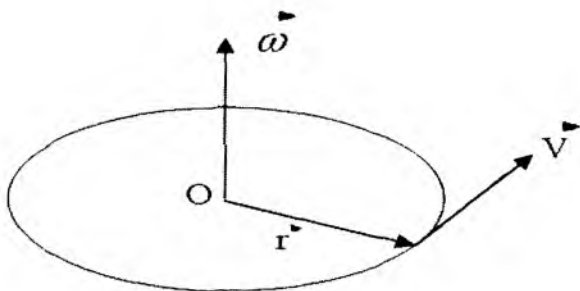
Chiziqli tezlikning yo'nalishi nuqta harakatlanayogan aylanaga o'tkazilgan o'rinma bo'ylab yo'nalganligini tushuntirganimizdan keyin uning burchakli tezlik bilan bog'lanishini keltirib chiqaramiz. Uni darstlikdagi kabi yoki quyidagicha ko'rsatish mumkin.

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}; \text{ bunga } \Delta\varphi = \frac{\Delta l}{r} \text{ ni qo'ysak } \omega = \frac{\Delta l}{\Delta t r} = \mathcal{G} \frac{1}{r} = \frac{\mathcal{G}}{r}$$

yoki  $\mathcal{G} = \omega r$ ;

Vektor ko'rinishda yozsak  $\vec{\mathcal{G}} = \vec{\omega} r$  bo'ladi. Demak, chiziqli tezlik vektori burchak tezlik vektori bilan radius vektorining vektor ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Bundan ko'rinib turibdiki, burchak tezlik ham vektor kattaligidir. Burchak tezlik vektorining yo'nalishini o'ng parma qoidasiga ko'ra aniqlanishini aytib, uni chizma yordamida tushuntiramiz (22-rasm).



22-rasm.

Parma dastasini jismning aylanish yo'nalishida aylantirganimizda uning uchini ilgarilanma harakat yo'nalishi burchak tezlikning yo'nalishini ko'rsatadi.

Chiziqli tezlikning skalyar qiymati  $\mathcal{G} = \omega r \sin 90^\circ = \omega r$

Burchak tezlikning aylanish davri va aylanish chastotasi orqali ifodalanuvchi formulalarini ham berib o'tamiz.

Jism bir marta to'la aylanganda uning burilish burchagi  $2\pi$  radion aylanish davri  $T$  bo'lsa, burchak tezlik  $\omega = 2\pi/T$  bo'ladi.

$v = 1/T$  ekanini e'tiborga olsak  $\omega = 2\pi v$  bo'ladi. Chiziqli

tezlik  $\mathcal{G} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r v = \omega r$  ( $\gamma$  – aylanishlar soni –chastotasi)

## 9-§. MARKAZGA INTILMA TEZLANISH

Aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan jismning tezlanishini (Markazga intilma tezlanishni) quyidagicha keltirib chiqarish maqsadga muvofiqdir.

Aytaylik jism  $O$  markazli va  $r$  radiusli aylana bo'ylab harakat qilayotgan bo'lsin.  $U \Delta t$  vaqt ichida  $A$  nuqtadan  $B$

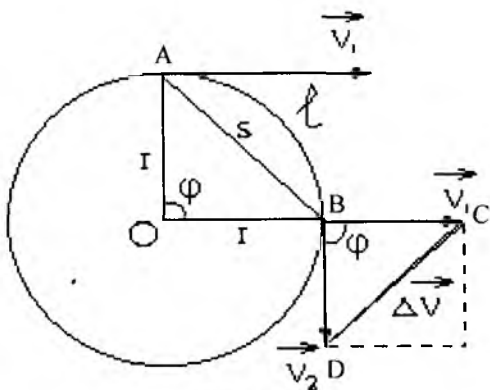
nuqtaga kelsin (23-rasm).  $A$  nuqtadagi tezligi  $\vec{\mathcal{G}}_1$  va  $B$

nuqtadagi tezligi  $\vec{\mathcal{G}}_2$  larni shaklda chizib ko'rsatamiz (egri chiziqli harakatda jismning biror nuqtadagi tezligi Shu

nuqtada egri chiziqqa o'tkazilgan urunma bo'ylab yo'nalishini o'quvchilar avvalgi darslarda o'rganganlar). A va V nuqtalarni aylana markazi bilan birlashtiramiz. O'quvchilar

tezlanishning umumiy ta'rifini, ya'ni  $\vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{g}}{\Delta t}$  ni

to'g'ri chizikli harakatda o'rganganlar. Uni qisqacha takrorlab keyin jism aylanab bo'ylab tekis harakat qilganda uning moduli, ya'ni miqdori o'zgarmasa ham yo'nalishi uzluksiz ravishda o'zgarib borishini shakldan tushuntiramiz.



23-rasm.

Tezlikning yo'nalishi o'zgarsa ham tezlik o'zgarishi va demak, jism tezlanish olishini o'quvchilarga aytib, Shu tezlanishning hisoblash formulasini keltirib chiqarishga o'tamiz.

O'quvchilarga vektorlarni bir nuqtadan ikkinchisiga qanday ko'chirilishini eslariga tushirib, jism A nuqtadan B nuqtaga kelganda uning tezligini qanchaga o'zgarishini aniqlash

uchun  $\vec{g}_1$  vektorni A nuqtadan V nuqtaga ko'chirib kelish lozimligini aytamiz va bu ishni shaklda bajaramiz. Tezlikning o'zgarishini parallelogram qoidasidan foydalanib topishni aytib, parallelogramm quramiz va  $\vec{g}_1$ ,  $\vec{g}_2$  vektorlarning oxirlarini birlashtiruvchi diagonal vektorlarning ayirmasi

ekanini, ayirma vektorning ( $\Delta \vec{g}_1$ ) yo'nalishi kamayuvchi vektor ( $\vec{g}_2$ ) tomonga qo'yilishini tushuntirib, shaklda bu ishlarni bajaramiz.

Shundan keyin o'quvchilar bilan savol-javob orqali geometriya kursidan olgan quyidagi bilimlarini eslariga tushiramiz: urinish nuqtasida aylana radiusi har doim urunmaga perpendikulyar bo'ladi, ikki burchakning mos tomonlari o'zaro perpendikulyar bo'lsa bu burchaklar teng bo'ladi. Bularga asosan rasmdan quyidagilarni yozamiz:

$BC \perp OA$ ;  $BD \perp OB$  bulardan  $\angle CBD = \angle AOB = \varphi$

$\Delta AOB$  teng yonli uchburchakdir, chunki uning yon tomonlari aylana radiusidan iboratdir.  $\Delta CBD$  ham teng yonli

uchburchakdir, chunki  $|\vec{g}_1| = |\vec{g}_2| = \vec{g}$  ( $BC=BD$ ), ya'ni bu

vektorlarning uzunliklari teng bo'ladi (jism tekis harakat qilsa uning tezligini miqdori o'zgarmaydi). Ikkita teng yonli uchburchaklarning uchlaridagi burchaklari teng bo'lsa bu uchburchaklar o'xshash bo'lishini o'quvchilarning eslariga tushirib,  $\Delta SVD \sim \Delta AOV$  bo'lishini ko'rsatib, Shunga asosan proporsiya tuzamiz:

$$\frac{CD}{BC} = \frac{AB}{OA}$$

Bu yerda  $CD = |\Delta \vec{g}|$ ;  $VS = |\vec{g}_1| = \vec{g}$ ;  $AB = |\Delta \vec{S}| = \Delta S$ ;  $OA = r$

$$\frac{|\Delta \vec{g}|}{\vec{g}} = \frac{\Delta S}{r} \text{ bo'ladi. Bundan } |\Delta \vec{g}| = \frac{\vec{g}}{r} \Delta S$$

Buni  $\Delta t$  ga bo'lamiz:

$$\frac{|\Delta \vec{g}|}{\Delta t} = \frac{\vec{g}}{r} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}; \text{ Vaqtni cheksiz kichraytirib borsak}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{g}|}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{g}}{r} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\vec{g}}{r} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\vec{g}}{r} \frac{dS}{dt} = \frac{\vec{g}}{r} \cdot \vec{g} = \frac{\vec{g}^2}{r}$$

Buni quyidagicha chiqarish ham mumkin:

$\varphi$  burchak juda kichik bo'lganda  $\Delta S = \Delta l = g \Delta t$  deb yoza olamiz. Buni o'rniga qo'yamiz:

$$\frac{|\Delta \vec{g}|}{V} = \frac{g \Delta t}{r} \text{ bundan } \frac{|\Delta \vec{g}|}{\Delta t} = \frac{g^2}{r} \text{ bo'ladi.}$$

Oxirgi tenglikning chap tomoni tezlikning o'zgarishini Shu o'zgarish sodir bo'lgan vaqtga nisbatidan, ya'ni tezlanishdan iboratdir.

$$\left( \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{g}|}{\Delta t} = \frac{dg}{dt} = a \right) \text{ u holda } a = \frac{g^2}{r} \text{ yoki } (g = r\omega),$$

$$a = \omega^2 r$$

Agar B nuqtani A nuqtaga yaqinlashtirib uning ustiga keltirsak  $\Delta \vec{V}$  vektor vertikal vaziyatni ola boshlaydi va oxiri OA ustiga kelib tushadi, yo'nalishi esa aylana markaziga qarab yo'naladi. Shuning uchun bu tezlanishni markazga intilma tezlanish deb yuritiladi.

Quyidagi masalalarni yechib o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

1-masala. Burab yurgiziladigan o'yinchoq avtomobil' tekis xarakatlanib, t vaqt ichida S yo'lni bosib o'tdi. Avtomobil' g'ildiragining diametri d ga teng. G'ildiraklarning aylanish chastotasini va g'ildirak gardishidagi nuqtalarning markazga intilma tezlanishini toping.

Yechish. Ma'lumki, burchak tezlik aylanish chastotasi orqali quyidagicha aniqlanadi.

$$\omega = 2\pi\gamma; (\gamma\text{-aylanish chastotasi})$$

$$\text{Bundan } \gamma = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\omega = \frac{g}{r}; r = \frac{d}{2} \text{ va } g = \frac{S}{t} \text{ ekanini etiborga olsak}$$

$$\gamma = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{g}{2\pi r} = \frac{s}{2\pi r t} = \frac{2S}{2\pi d t} = \frac{S}{\pi d t}$$

markazga intilma tezlanish

$$a = \frac{g^2}{r} = \left( \frac{s}{t} \right)^2 = \frac{2s^2}{dt^2}$$

Demak, g'ildiraklarning aylanish chastotasi  $v = \frac{S}{d\pi}$  gardishlaridagi nuqtalarning markazga intilma tezlanishlari

$$a = \frac{2S^2}{t^2 d} \text{ ga teng.}$$

2-masala. Tayyoraning havo parragingning aylanish chastotasi 1500 ayl/min. Uchish tezligi 180 km/soat bo'lsa, 90 km masofani bosib o'tganga qadar havo parragi necha marta aylanadi.

Yechish. Tayyora 90 km masofani bosib o'tishda uning parragi necha marta aylanishini aniqlash uchun avval Shu masofani qancha vaqtda bosib o'tganini aniqlaymiz. Keyin aylanish chastotasini shu vaqtga ko'paytirib parrakning necha marta aylanganini topamiz.

Tayyora tekis harakat qilgani uchun uning tezligi:

$$g = \frac{S}{t}$$

Bundan

$$t = \frac{S}{g}; \quad N = vt = \frac{Sv}{g};$$

Bunga son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$N = \frac{1500 \text{ ayl/min} \cdot 90 \text{ km}}{180 \text{ km/soat}} = \frac{1500 \text{ ayl/min}}{2 \frac{1}{60 \text{ min}}} = 45000 \text{ ayl}$$

3-masala. Markazga intilma tezlanish erkin tushish tezlanishiga tenglashishi uchun radiusi 40m bo'lgan qavariq ko'priknig o'rtasidan avtomobil' qanday tezlikda o'tishi lozim.

Yechish. Markazga intilma tezlanishni aniqlash formulasi



$$a = \frac{g^2}{r}$$

Masala shartiga ko'ra  $a=g$ . Buni e'tiborga olsak  $g = \frac{g^2}{r}$  bundan,

$$g = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \frac{M}{c^2} \cdot 40.M} = 20 \text{ m/s}$$

Demak, avtomobil' radiusi 40 m bo'lgan qovariq ko'prik o'rtasida 20 m/s tezlik bilan harakat qilsa, uning markazga intilsa tezlanishi erkin tushish tezlanishiga teng bo'lar ekan.

Bir necha masalalarni uylarida ishlash uchun o'quvchilarga vazifa qilib beramiz.

### **10-§. AYLANMA HARAKATNI UZATISH VA UNI ILGARILANMA HARAKATGA AYLANTIRISH MEXANIZMLARI (QURILMALARI)**

O'rganiladigan qurilmalarni ikki guruhga ajratib o'rgatamiz: 1) aylanma harakatning yo'nalishini va aylanish tezligini o'zgartiruvchi qurilmalar; 2) aylanma harakatni ilgarilanma harakatga aylantiruvchi qurilmalar.

Birinchi guruh qurilmalariga tasmali, tishli, friktsion, zanjirli va chervyakli uzatmalarni kiritishimiz mumkin. Ikkinchi guruh qurilmalariga krivoship mexanizmlari, vintli uzatmalar va boshqalar kiradi.

Bunday uzatmalar bilan o'quvchilarni tanishtirishning ahamiyati Shundaki, ular uzatish mexanizmlarining umumiy kinematik jarayonlarini o'zlashtiradilar va murakkab qurilmamashinalarning tuzilishini o'zlashtirishlarini osonlashtiradi.

Har bir uzatish qurilmalari ko'rgazmalar, modellar yordamida tushuntirilishi lozim. O'qituvchining bayon qilishiga muhim qo'shimcha bu mashina-traktor stantsiyasi yoki ularni ta'mirlash ustaxonalariga ekskursiya o'tkazish va fizik praktikum o'tkazishdir. Bular o'quvchilar bilimini mustahkamlaydi.

Qayishli, friksion va tishli uzatishlar M.X.O'lmasova kitobida yetarli va tushunarli bayon etilgan. Biz ularga to'xtalmaymiz. Lekin zanjirli va chervyakli uzatishlar haqida ham tushuncha berib o'tish maqsadga muvofiqdir.

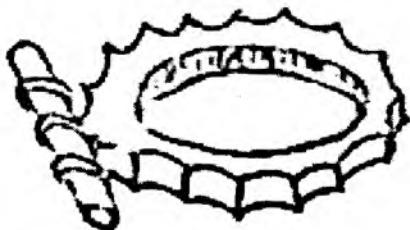
Zanjirli uzatma. Bu uzatma aylanma harakatni bir o'qdan ikkinchi o'qqa uzatishdan iboratdir. Bu uzatma tishli va tasmali uzatmalarni birlashtirgandekdir. Unda o'qlarga mahkam biriktirilgan tishli g'ildiraklarga yopiq (berk) zanjir kiydirilgan bo'ladi. Yetaklovchi g'ildirakning aylanishlari zanjir orqali yetaklanuvchi g'ildirakka uzatiladi. Masalan, velosipedda zanjir uzatmadan foydalanilgan. Zanjirli uzatmada uzatish soni katta g'ildirak tishlari sonini ( $Z_2$ ) kichik g'ildirak tishlari soniga ( $Z_1$ ) nisbatiga teng bo'ladi, ya'ni

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$n_1$ —kichik g'ildirakning aylanishlari soni,

$n_2$ —katta g'ildirakning aylanishlari soni.

Chervyakli uzatma. Bu uzatmada o'zaro tik joylashgan o'qlar orasida aylanma harakat uzatiladi. Bir o'qqa chervyakli (tishli) g'ildirak mahkamlanadi, ikkinchisi chervyakli vint orqali biriktiriladi (24-rasm). Bu uzatma kuchli uzatishlarda, tezlikni kamaytirishlarda ishlatiladi. Masalan grammafonda chervyakli uzatmadan foydalaniladi.



24-rasm.

Chervyakli uzatmada uzatish soni g'ildirakdagi tishlar sonini (Z) chervyaklarning (vintdagi) kirish soniga nisbatiga

$$\text{teng bo'ladi, ya'ni } i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z}{k}$$

Aylanishlarni uzatishlarni ko'rib chiqilgandan keyin ularni ilgarilanma harakatga aylantirish usullariga to'xtalamiz.

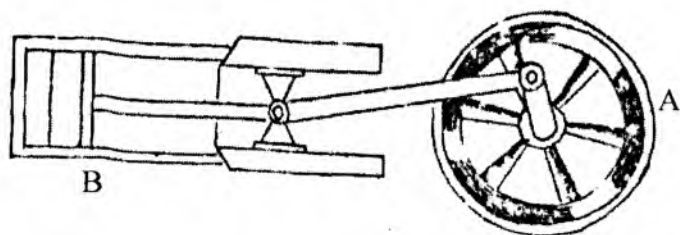
Biz bilamizki, sodda uzatish mexanizmlarida ishdan yutilmaydi, lekin ulardan keng foydalaniladi. Uzatish mexanizmlarida kuchdan yutiladi yoki harakatni o'zgartiriladi (hammadan avval harakat tezligi o'zgartiriladi).

Ilgarilanma harakatda kuchni yoki harakat tezligini o'zgartishga asoslanga harakatni o'zgartish richag, blok, palispast, qiya tekislik va pona orqali amalga oshirilsa, aylanma harakatlarda ularning aylantiruvchi momentlarini yoki tezliklarini o'zgartirish tishli, tasmali, friksion, zanjirli va chervyakli uzatmalar yordamida amalga oshiriladi.

Ko'p hollarda aylanma harakatlarni ilgarilanma harakatlarga aylantirishga to'g'ri kelishini aytib, ularni shatun-krivoship mexanizmlarda va boshqa mexanizmlar yordamida amalga oshirilishini aytib, ularga misollar keltiramiz va ularga asosan bu uzatishlar qanday amalga oshirilishini tushuntiramiz.

Masalan, quduqdan suv chiqarishda chig'irdan foydalanamiz. Unda aylanma harakat paqirning ilgarilanma harakatiga aylantiriladi. Chig'irni aylantirsak, uning o'qiga arqon o'rala boshlaydi, uchiga bog'langan paqir suvi bilan yuqoriga ko'tariladi, ya'ni ilgarilanma harakat qiladi. Chig'irni teskari tomonga aylantirsak arqon o'qdan yechila boshlaydi, paqir pastga ilgarilanma harakat qilib tushadi.

Avtomobillarda ilgarilanma va qaytma harakatlardan keng foydalaniladi. Bu asosan krivoship-shatun mexanizmi yordamida amalga oshiriladi. Buni o'quvchilar to'g'ri tasavvur qilishlari uchun quyidagi qurilmadan foydalanib tushuntirish maqsadga muvofiqdir (25-rasm).



25-rasm.

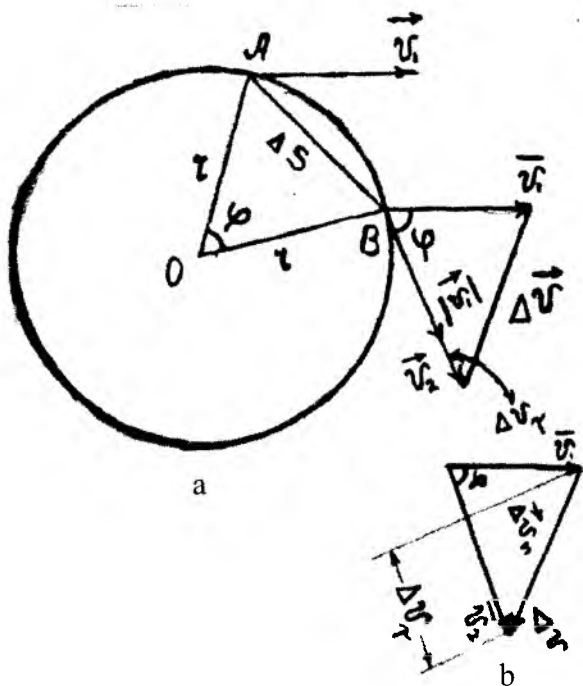
Agar biz A g'ildirakni aylantirsak B porshen' oldinga va orqaga harakat qiladi. Agar porshenni oldinga va orqaga harakatlantirsak g'ildirak aylanma harakat qiladi.

Aylanma harakatlarni ilgarilanma harakatga keltirishga ko'plab misollar keltirish mumkin: gaykani boltga kiritish, vintli damkrat, tiskaning qisqichlari, vintli press, tokar' stanogida yuruvchi vinti va boshqalarda aylanma harakatlar ilgarilanma harakatga aylantiriladi.

### 11-§. AYLANA BO'YLAB TEKIS O'ZGARUVCHAN HARAKAT. BURCHAK TEZLANISH. TANGENTSIAL VA TO'LA TEZLANISH

Jism aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakat qilganda chiziqli tezlikning miqdori ham, yo'nalishi ham o'zgarishini chizmalar yordamida ko'rsatib, yo'nalishining o'zgarishi natijasida hosil bo'ladigan markazga intilma tezlanishni takrorlab, keyin burchak tezlanish va chiziqli tezlanishlarni ko'rib chiqamiz.

Aytaylik jism aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsin (26-rasm). U (A) nuqtadan (B) nuqtaga ( $\Delta t$  vaqt oralig'ida) o'tganda burchak tezligi  $\Delta \omega$  ga, chiziqli tezligi  $\Delta v$  ga o'zgarsin.



$$\beta_{\text{yp}} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \text{ - o'rtacha burchak}$$

Tezlanish bo'lib,  $\Delta t$  ni cheksiz qisqartirib borsak (B nuqta A nuqtaga yaqinlashib boradi)  $\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$  nisbat aniq bir chegara

qiymatga ega bo'ladi. Uni oniy burchak tezlanish deb

$$\text{yuritiladi: } \beta = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

Demak, burchak tezlanish burchak tezlikdan vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng bo'ladi. Burchak tezlanish birligi  $1/s^2$  bo'lishini ko'rsatamiz. Normal tezlanishni, ya'ni markazga intilma tezlanishni avval ko'rib chiqqanimizni, u tezlikning faqat yo'nalishining o'zgarishini ko'rsatishini

o'quvchilarning eslariga tushirib, keyin tangentsial tezlanishni ko'rib chiqamiz (26b-rasm).

Burchak tezlikning o'zgarishi bilan chiziqli tezlik ham o'zgaradi.  $\mathcal{G} = r\omega$  kabi  $\Delta \mathcal{G} = \Delta \omega r$  bo'lib, bu faqat tezlikning va burchak tezlikning miqdorining o'zgarishini ko'rsatadi. Ular o'rtacha qiymatdir.

Tezlikning o'zgarishini shu o'zgarish uchun ketgan  $\Delta t$  vaqtga nisbatini olib, bu vaqtni cheksiz kichraytirib borsak, u aniq bir chegara qiymatga intiladi.

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathcal{G}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \cdot r = \beta \cdot r$$

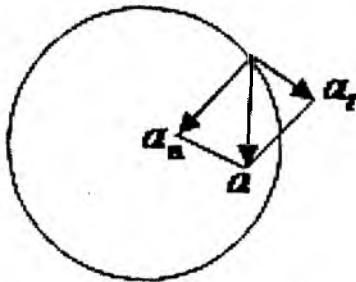
Bu tezlanishni tangentsial tezlanish deyiladi. U faqat Agar

$|\mathcal{G}| = \text{const}$  bo'lsa tangentsial tezlanish bo'lmaydi ( $\vec{\mathcal{G}}$  vektor uzunligi o'zgarmaydi), faqat yo'nalishining o'zgarishi sodir bo'ladi.

Aylana bo'ylab o'zgaruvchan harakatda normal tezlanish hamma vaqt aylana markaziga yo'nalgan bo'lishi, tangentsial tezlanish aylanaga urunma bo'ylab yo'nalgan bo'lishini va to'la tezlanish ularning vektor yig'indisidan iboratligini chizmalar yordamida tushuntiramiz (27-rasm) va uning son

qiymati  $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$  yoki  $a = \sqrt{\left(\frac{\mathcal{G}^2}{r}\right)^2 + \beta^2 r^2}$  ekanini

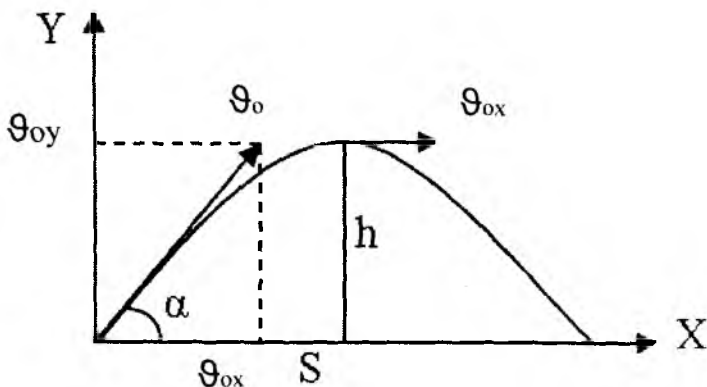
ko'rsatib o'tamiz.



27-rasm.

## 12-§. GORIZONTGA BURCHAK OSTIDA VA GORIZONTAL OTILGAN JISM HARAKATI

Gorizontga nisbatan burchak ostida (yoki gorizont) otilgan jism bir vaqtning o'zida ikkita og'irlik kuchi ta'sirida vertikal bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda va gorizontal yo'nalishda inertsiya bo'yicha tekis harakatda qatnashadi. Bu harakatni o'rganishda OX va OY o'qlarida jismning boshlang'ich tezligining proektsiyalari topiladi va ikki yo'nalish bo'yicha harakat tenglamalari, ya'ni har bir koordinata uchun tenglamalar yoziladi (28-rasm).



28-rasm.

Boshlang'ich tezlikning koordinatalaridagi proektsiyalari  $v_{ox} = v_o \cos \alpha$ ;  $v_{oy} = v_o \sin \alpha$  bo'lib, x va y koordinatalar uchun tenglamalar

$$X = v_{ox} t = v_o \cos \alpha t \quad (1)$$

$$Y = v_{oy} t - \frac{gt^2}{2} = v_o \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Bu yerda analitik usul bilan nuqtaning trayektoriyasi parabola ekanligini osongina isbotini topish mumkin. Buning uchun X va Y koordinatalar tenglamalaridagi t ni yo'qotilsa, istalgan vaqt momentida bir koordinata qiymatining

boshqasiga bog'lanish ifodasi, ya'ni traektoriya tenglamasi hosil bo'ladi:

$$Y = \frac{g_{oy}}{g_{ox}} X + \frac{g}{2g_{ox}^2} X^2$$

$X^2$  va  $X$  oldidagi koeffitsientlarni  $a$  va  $b$  bilan belgilab, tenglamani  $y = ax^2 + bx$  ko'rinishga, ya'ni o'quvchilarga parabola tenglamasi nomi bilan tanish bo'lgan tenglama ko'rinishiga keltirish mumkin.

Gorizontga burchak ostida (yoki gorizont) otilgan jism harakati parabola bo'yicha bo'lishini tajribada ham ko'rsatib o'tish maqsadga muvofiqdir. Buni idishdan shlanga orqali tushayotgan suv yordamida ko'rsatamiz: shlanga uchini gorizont va turli bursak ostida tutib undan otilib chiqayotgan suv parabola bo'ylab ketayotganini ko'rsatamiz. Sharchni novdan dumalatib, undan chiqqanda parabola bo'ylab ketishini ham ko'rsatish mumkin.

Shundan keyin jismning ko'tarilish, uchish vaqtini, ko'tarilish balandligini, uchish uzoqligini hisoblash formulalarini keltirib chiqarishni ko'rsatamiz (darslikka qaralsin).

O'quvchilarga bu harakat turini o'zlashtirib olishlari va unga mexanikaning asosiy masalasini yechishning umumiy uslubini qo'llashga yordam beruvchi masalalardan yechib ko'rsatamiz.

1-Masala. Bir chizmada bir vaqtning o'zida gorizontga  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  va  $60^\circ$  burchak ostida  $14 \text{ m/s}$  tezlik bilan otilgan sport yadrolarining trayektoriyasi chizilsin. Chizma mashtabini ixtiyotiy tanlab olish mumkin havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

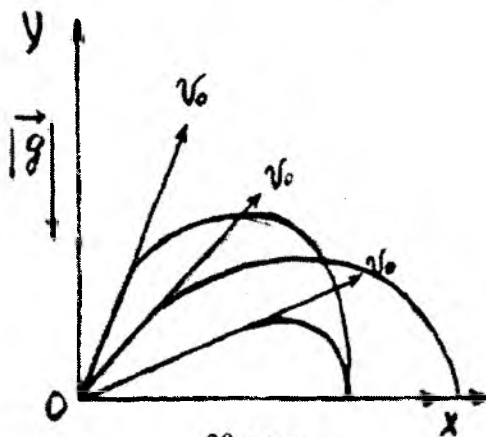
Yechilishi. 29-rasmda koordinatalar sistemasi va boshlang'ich shartlarni, ya'ni boshlang'ich tezlik va tezlanish vektorlarini tasvirlaymiz.  $X$  va  $Y$  koordinatalar uchun quyidagi tenglamalarini yozamiz:

$$X = g_{ox}t; \quad g = g_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2} \quad \text{Bunda } g_{ox} = g_o \cos \alpha;$$

$$g_{oy} = g_o \sin \alpha \quad \text{va } g_y = -g$$



$$\text{Shuning uchun } y = y_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$



29-rasm

Jismning harakati  $y=0$  da boshlanadi va to'xtaydi. Bu shartdan quyidagini topamiz:

$$y_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0; t(y_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2}) = 0$$

$$t_1=0; t_2 = \frac{2y_0 \sin \alpha}{g}; s = l = \frac{y_0 \cos \alpha \cdot 2y_0 \sin \alpha}{g} = \frac{y_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Topilgan ifodaga burchak qiymatlarini ( $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ ) qo'yib, mos ravishda  $t_1=1.4\text{s}$ ,  $l=15.6\text{ m}$ ,  $t_2=4.9\text{s}$ ,  $l=19.6\text{ m}$ ,  $t_3=5.6\text{s}$ ,  $l_3=15.6\text{m}$  larni topamiz.

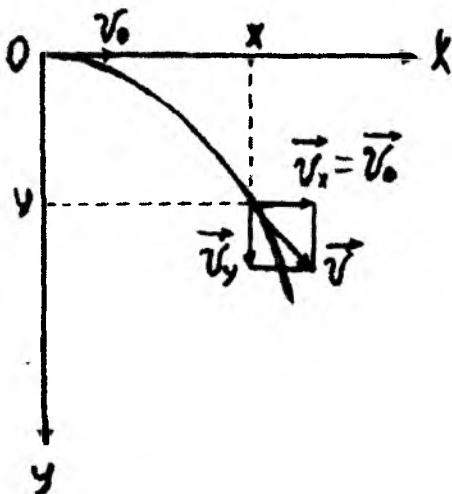
Mexanikada gorizontga qiya otilgan jism harakati uchun masala yechish o'quvchilar uchun uncha oson emas. Bu masalalarning mexanikaning asosiy g'oyalari tushuntirishdagi ahamiyati katta. Ularni yechishda boshlang'ich shartlarning ahamiyati muximligi yanada aniqroq ochiladi. Jismga bitta va faqat bitta kuch og'irlik kuchi ta'sir qilayotgan bo'lsin, hamma jism harakatlari tekis tezlanuvchan va bir xil g tezlanishli bo'lsa ham, boshlang'ich tezlik qanday yo'nalganligiga va boshlang'ich koordinatalar qandayligiga qarab jism trayektoriyasi har xil bo'ladi.

Jismni gorizontaal ravishda biror balandlikdan otganimizda ham uning harakati ikkita harakatning qo'shilishidan hosil bo'lib, trayektoriyasi parabolaning bir tarmog'idan iborat bo'ladi.

Jismning OX va OY o'qlar bo'yicha harakat tenglamalari

$$\left. \begin{aligned} X &= g_0 t \\ Y &= \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\}$$

bo'lishini tushuntiramiz (30-rasm)



30-rasm.

Bulardan vaqtni yo'qotib trayektoriya tenglamasi parabola tarmog'idan iborat ekanini ko'rsatamiz.

$$Y = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{X}{g_0}\right)^2 = \frac{g}{2g_0^2} X^2 = ax^2$$

Shundan keyin jismning uchish vaqti, uchish uzoqligi,

$$\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y \text{ yoki } g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} = \sqrt{g_0^2 + g^2 \cdot t^2}$$

formularini chiqarib ko'rsatamiz.

## 2-BOB. DINAMIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI VA QONUNLARINI O'QITISH USLUBI

Bu bo'limni ko'pgina yirik metodistlar quyidagicha tartibda o'tishini maqsadga muvofiq deb ko'rsatdilar: Nyutonning birinchi qonuni, massa, kuch, Nyutonning ikkinchi va uchinchi qonunlari,...

Bizningcha ham shu tartibda o'qitish maqsadga muvofiqdir. Shularni ko'rib chiqamiz.

### 13-§. NYUTONNING BIRINCHI QONUNI

Bu qonunni bevosita Yer sharoitida qilib ko'rsatish mumkin emas, chunki jism harakatini boshqa ta'sirlardan holi qilib bo'lmaydi. Uni sanoq sistemasi kabi ideallashtiriladi. Lekin, shunga qaramasdan, turli tajribalar yordamida ideal sharoitga yaqinlashish va shunga asosan xulosa chiqarish mumkin.

Bu qonunni tushuntirishda o'quvchilarning maktabda olgan bilimlaridan maksimal holda foydalanish kerakdir. O'quvchilar agar jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa u o'zining tezligini saqlash xossasini (hodisasini) inertsiya deb atalishini eslatilga tushirishlari lozim. Ular bunga ko'plab misollar keltira oladilar.

Tarnovdan po'lat shar dumalatish tajribasidan foydalanib va bir necha boshqa misollar asosida o'quvchilar diqqatini qarshilik kamayishi bilan shar uzoq vaqt va uzoqqa dumalab borishiga jalb qilamiz. Sharning yon tomonidan magnit keltirsak uning yo'nalishini o'zgarishini ko'ramiz. Tajribalardan "o'zaro ta'sir qancha kichik bo'lsa, jism tezligi Shuncha kam o'zgaradi", degan xulosani chiqarib, o'quvchilarga agar jismga umuman boshqa ta'sir bo'lmasa uning tezligi o'zgarmasligini, u to'g'ri chiziqli tekis xarakat qilib ketaverishini yoki tinch xolatining saqlashini aytib, keyin Nyutonning birinchi qonunini ta'riflaymiz:

Shunday sanoq sistemalari mavjudki, ularga nisbatan harakat qilayotgan jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa yoki

ularning ta'siri o'zaro kompensatsiyalashgan bo'lsa jismning tezligi o'zgarmaydi (yoki darslikdagi ta'rifni beramiz).

Shu yerda tarixiy ma'lumot berib ketish maqsadga muvofiqdir. Arestotel (b.e.a. 384-322) "faqat xarakatlanayotganlar xarakatlanadi", "kuchsiz harakat yo'q", degan noto'g'ri fikrlar bergan, uning noto'g'riligini birinchi bo'lib G.Galiley (1584-1642) tajribada (shar dumalatish tajribasi) isbot qilganini, "jismlarning tabiiy holati (unga boshqa jismlar ta'sir etmasa) to'g'ri chiziqli tekis harakatdan iborat bo'ladi", degan xulosaga kelganini aytib o'tamiz.

Aristotel va unnig tarafdorlari tabiatni o'rganishning bosh vositasi-fikrlash, uning yordamchisi-kuzatish, deb noto'g'ri fikr berganlarini, unga qarshi o'laroq Galiley eksperimental, Nyuton matematik uslublarni ilgari surganliklarini aytib, o'quvchilarga birinchi qonunni ochilishi katta ahamiyatga ega bo'lgani, u fanda katta burilish qilganini aytib o'tamiz.

Shuni ham aytish kerakki, jismga bir necha boshqa jismlar ta'sir qilganda uning tezligi o'zgarasligi mumkin. Bu vaqtda boshqa jismlarning ta'sirlari o'zaro kompensatsiyalashadi. Buni o'quvchilarga misollar asosida tushuntiramiz. Buning uchun avval o'quvchilarning maktabda olgan "kuch" haqidagi bilimlarini takrorlab eslariga tushiramiz.

Prujina yoki rezinka ipga osilgan jismga og'irlik kuchi bilan elastiklik kuchi qarama-qarshi yo'nalishda ta'sir qilishini chizmada ko'rsatamiz. Jism tinch turgan vaqtda unga prujina (yoki rezinka ip) va Yerning ta'sirlari o'zaro kompensatsiyalashgan yoki muvozanatlashgan bo'ladi. Demak, jismga modullari teng bo'lgan qarama-qarshi yo'nalgan kuchlar ta'sir qilsa jism tinch holatida bo'ladi.

To'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan avtomobilga to'rta kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi, Yerning reaksiya kuchi, motorning tortish kuchi va ishqalanish kuchlari. Bu yerda og'irlik kuchi bilan reaksiya kuchi va motorning tortish kuchi bilan ishqalanish kuchi kompensatsiyalashgan bo'ladilar. Shu yerda o'quvchilarga motorning tortish kuchi ishqalanish kuchidan ortib ketsa avtomobil tezlashib borishini, ya'ni tezligining o'zgarishini ham aytib o'tamiz.

Bundan kuch jismning tezligini o'zgartiruvchi ekanligi haqida xulosa chiqaramiz.

Inertsial sanoq sistemasi to'g'risidagi tushuncha ham inertsiya qonuni bilan bog'liqdir. Inertsial sanoq sistemalari bu Nyuton qonunlari to'g'ri bo'ladigan sanoq sistemalaridir. Inertsial sanoq sistemalari bir-biriga nisbatan tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis xarakat qiluvchi sanoq sistemalari ekanini o'quvchilarga misollar asosida tushuntiramiz. Masalan, poyezd vagoni polida yotgan koptok poezd harakatga kelganda unga qarshi tomonga (orqaga) dumalaydi.

Koptok vagonga nisbatan tezlanish bilan harakat qiladi. Yerga nisbatan esa tinch qoladi. Bu yerda Yer inertsial sanoq sistemasi bo'ladi. Bunga asosan o'quvchilarga Nyuton qonunlari ixtiyoriy sanoq sistemalarida bajarilavermasligini noinertsial sanoq (tezlanish bilan xarakatlanuvchi) sistemalari haqida qisqacha ma'lumot berib o'tamiz.

Nyutoning birinchi qonunini va inertsial sanoq sistemasini o'quvchilar yaxshi tasavvur qilishlari va uni mustaxkamlash uchun "Nyuton qonunlari" fil'mining birinchi qismini va "Sanoq sistemalari" fil'mining uchinchi qismini namoyish qilamiz.

## 14-§. JISM MASSASI

Massa tushunchasi fanda eng murakkab va fundamental tushunchalardan biridir. Uni tushunishning murakkabligi shundaki, u moddaning turli xossalari (inert va gravitatsiya) xarakterlaydi.

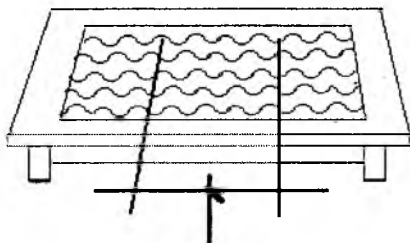
Massa tushunchasini moddalarning inertligiga asosan kiritish maqsadga muvofiqdir, chunki bu xossa maktab fizika kursida yetarli darajada keng tasvirlanadi. Uni quyidagicha amalga oshiramiz.

Avval o'quvchilarning massa haqidagi maktabda olgan bilimlarini va Nyutonning birinchi qonunini takrorlab chiqamiz. Keyin shunday savolni qo'yamiz: "Nima uchun jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa uning tezligi o'zgarmaydi?".

O'quvchilar bilan suhbat orqali quyidagicha xulosalarga kelamiz: tabiatda hamma jismlar o'z tezligini saqlash xossasiga ega, bu xossani inertsiya xossasi yoki qisqacha inertsiyasi (inertligi) deb yuritiladi. Jism tezligini birdan o'zgartirib bo'lmaydi, uni sekin asta ta'sir qilib o'zgartirish mumkin. Masalan, mashina o'rnidan tez siljiganda ichidagi odam orqasiga munkib ketadi. Agar mashina sekin asta o'rnidan qo'zg'alib tezligini orttirib borsa odam munkimaydi. Shu yerda quyidagi tajribani ko'rsatamiz.

Stol chetidan ikkita qalamning (yoki qalam yo'g'onligidagi yog'ochni) yarmini chiqarib ma'lum bir masofada qo'yamiz va ularning ustiga bir qavat gazeta yopamiz. Qalamlarning stol chetidan chiqib turgan tomonlariga uchinchi qalamni qo'yamiz (31-rasm).

Agar uchinchi qalamni o'rtasidan biror yog'och bilan sekin-asta bossak ikkita qalamning stol ustidagi qismlari ko'tarilib gazetani yuqoriga ko'tara boradi. Agar uchinchi qalamga yog'och bilan tez siltab ursak bu qalam sinib ketadi, lekin gazeta ko'tarilmaydi xam yirtilmaydi xam.



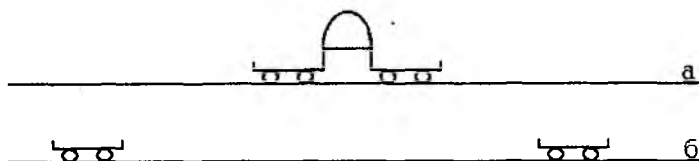
31-rasm

Bu tajribadan fizika kechalarida ham foydalanish maqsadga muvofiqdir. Tajribani ko'rsatib, nima uchun shunday bo'lishini tushuntirib berish so'ralsa, o'quvchilarda qiziqish paydo bo'ladi.

Shundan keyin jismlarning inertsiya xossasini xarakterlovchi fizik kattalikni massa deb atalishini, u jismlarning inertsiya xossasini miqdoriy harakteristikasi ekanini, uni ikki xil usul bilan aniqlash mumkinligini, ya'ni

tajriba va tarozida tortish orqali aniqlanishini aytib, shularga to'xtalib o'tamiz.

Ikkita bir xil aravacha (bolalarning o'yinchoq mashinalari) olib, biriga po'lat chizgichning bir uchini mahkam biriktiramiz. Chizgichni buklab ip bilan bog'laymiz va ikkinchi uchini ikkinchi aravachaga tegizib qo'yamiz (32-rasm).



32-rasm.

Ipni gugurt bilan kuydirib yuborsak chizgich to'g'rilanib o'zaro ta'sir natijasida aravachalar bir xil masofaga siljiydilar, ya'ni ular bir xil tezlanish oladilar. Aravachalarning biriga yuk qo'yib tajribani takrorlasak, yuk qo'yilgan aravacha kam masofaga siljiydi, ya'ni u kichik tezlanish oladi. Bundan Shunday xulosa chiqaramiz: Jismlar o'zaro ta'sir qilganda massasi katta bo'lgan jismning tezlanishi kichik bo'ladi, ya'ni jismning oladigan tezlanishi uning massasiga teskari proportsional bo'ladi:

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

Bir jismning massasini birlik etaloni sifatida qabul qilsak, bu tajribadan foydalanib boshqasini massasini tanlangan etalon birligida aniqlash mumkin.  $\left( \frac{a_2}{a} = \frac{m}{m_3}; m = \frac{a_2}{a} m_3 \right)$

Massani aniqlashning ikkinchi usuli shaynli tarozida tortish ekanini, etalon sifatida platina-iridiy qotishmasidan tayyorlangan tsilindrchaning massasi qabul qilingani, uni bir kilogramm deb olinganini, u Parij yaqinidagi Sevr shaxridagi o'lchovlar palatasida saqlanishini aytib o'tamiz. Massaning gramm, tsentner, tonna kabi birliklarining xam mavjudligini, ulardan kilogrammga o'tishni mashq qilib ko'rsatamiz.

O'quvchilar shaynli tarozida tortish malakalariga ega bo'lishlari uchun, turli jismlarning massalarini o'lchab ko'rishlari lozim.

Shundan keyin modda zichligi, uni haroratga bog'liqligi, Abu Rayhon Beruniy oltin va simobning zichliklarini katta aniqlikda o'lchaganligi haqida ma'lumot berib o'tamiz.

## 15-§. KUCH

Kuch tushunchasi fundamental o'zaro ta'sirlar haqidagi tushunchalar bilan uzviy bog'langandir. Maktab fizika kursida o'rganiladigan xamma xodisa va qonuniyatlar fundamental o'zaro ta'sirlarning xossalari bilan bog'liqdir.

Dinamikani o'rganish vaqtida fundamental gravitatsion va elektromagnit o'zaro ta'sirlar haqidagi tasavvurlarning shakllanishi boshlanadi. Bu o'zaro ta'sirlar kuch tushunchasini Shu ta'sirlarning miqdoriy xarakteristikasi sifatidagi fizik kattalik ekanini ochib beradilar.

Maktabda o'quvchilar kuch tushunchasi bilan tanishadilar. Kuchni dinamometr bilan o'lchash yetarli darajada asosalanmaydi. Shuning uchun avval o'quvchilarga kuch-bir jismning ikkinchisiga ta'sirini xarakterlovchi va bu ta'sirning o'lchovi hisoblanuvchi fizik kattalik ekanini misollar yordamida tushuntirib keyin uning miqdoriy aniqlanishiga o'tamiz. Kuchning miqdoriy o'lchovini aniqlash uchun elastiklik kuchidan foydalanamiz.

O'quvchilarga tashqi kuch ta'sirida jism shaklining o'zgarishini deformatsiya deyilishini, jismni deformatsiyalab undan kuchni olsak u avvalgi xolatiga qaytib kelsa buni elastik deformatsiya, avvalgi xolatiga qaytib kelmasa noelastik (plastik) deformatsiya deb yuritilishini, elastik deformatsiyalangan jismda uni avvalgi xolatiga qaytaruvchi kuch xosil bo'lishini, bu kuchni elastiklik kuchi deb yuritilishini aytib, keyin Guk qonunini beramiz. Elastik jismlarning absolyut uzayishi ma'lum bir oraliqlarda qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional bo'lishini, kuch ortib ketganda bu bog'lanishdan chetlashish bo'lishini tajriba yordamida tushuntiramiz (prujinaga osiladigan yukni orttirib



borish orqali): Elastik jismlardan absolyut uzayishi qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional bo'lgan (to'g'ri chizikli bog'langan) chegaralarda kuchni o'lchashda foydalanish qulayligini aytib, ulardan dinamometrlar tayyorlanishiga, dinamometrlarning turlariga qisqacha to'xtalib o'tamiz.

Kuchning yo'nalishga ega ekanini, jismga bir necha kuch ta'sir qilsa ulaning geometrik yig'indisini parallelogramm qoidasiga ko'ra aniqlanishini misollar yordamida tushuntiramiz.

O'quvchilarga uylarida prujinadan yoki po'lat chizgichdan dinamometr tayyorlab kelishni topshiriq qilib berish maqsadga muvofiqdir (chizgichdan egilishiga asosan dinamometr tayyorlanadi).

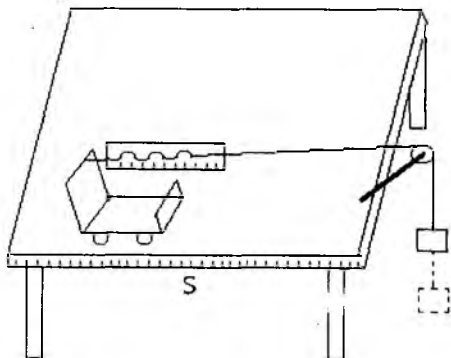
## 16-§. NYUTONNING IKKINCHI QONUNINI O'QITILISHI

O'quvchilar qo'li bilan tayyorlangan dinamometr, blok, lineyka (o'lchov tasmasi) aravacha (bolalarning o'yinchoq mashinasi) va sekundomerdan foydalanib quyidagicha tajribani namoyish qilib, unga asosan Nyutonning ikkinchi qonunini quyidagicha tushuntiramiz. (33-rasm).

Aravachaga dinamometrni mahkamlab, uni namoyish stoli ustiga qo'yamiz. Dinamometrغا ipning bir uchini ulab ikkinchi uchini stol qirrasiga o'rnatilgan blok orqali o'tkazamiz va unga yuk ilamiz. Yukni qo'yib yuborsak u aravachaga ta'sir qilib, uni tekis tezlanuvchan xarakat qildiradi. Aravacha S masofani qancha vaqtda bosib o'tganini sekundomer (sekundli strelkasi bor soat) dan aniqlab uning

tezlanishini  $S = \frac{at^2}{2}$  formuladan foydalanib hisoblaymiz:

$$a = \frac{2S}{t^2};$$



33-rasm.

Namoyish stolida S masofani o'lchab belgilab qo'yamiz.

1-tajriba. Aravachaning massasini  $m_1$  deylik Yukni qo'yib yuboramiz va Shu onda sekundomerni yurgizamiz. Aravachaga ta'sir etayotgan kuchni dinamometrda ko'rib olamiz, u  $F_1$  bo'lsin. Aravacha S masofani bosib o'tishi bilan sekundomerni to'xtatamiz va unga qancha vaqt ketganini aniqlaymiz, u  $t_1$  bo'lsin. Bularga ko'ra tezlanishni

$$\text{hisoblaymiz } a_1 = \frac{2S}{t_1^2}$$

2-tajriba. Aravachaga ta'sir etuvchi kuchni ortiramiz, ya'ni ikkinchi yukni ilamiz va tajribani takrorlaymiz. Dinamometr kuchni ortganini ko'rsatadi, u  $F_2$  bo'lsin. S masofani bosib o'tish uchun ketgan vaqt  $t_2$  bo'lsin.  $t_2 < t_1$  bo'lishini ko'ramiz. Tezlanishini hisoblaymiz:

$$a_2 = \frac{2S}{t_2^2};$$

Ikkala tajribadan olingan natijalarni solishtirib  $a_2 > a_1$  bo'lganini aniqlaymiz va undan quyidagi xulosani chiqaramiz: jismning oladigan tezlanishi unga qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni  $a \sim F$

3-tajriba. Endi aravacha ustiga qo'shimcha yuk qo'yib, uning massasini ortiramiz, u  $m_2$  bo'lsin. Kuchni o'zgartirmasdan (ikkinchi tajribadagicha qoldirib) tajribani

takrorlab aravachani S masofani bosib o'tishi uchun ketgan vaqtni aniqlaymiz, u  $t_3$  bo'lsin.  $t_2 < t_3$  bo'lganini ko'ramiz.

Tezlanishni hisoblaymiz: 
$$a_3 = \frac{2S}{t_3^2}$$

Ikkinchi va uchinchi tajribalarni solishtirib  $a_3 < a_2$  bo'lganini aniqlaymiz va undan quyidagi xulosani chiqaramiz: Jismning oladigan tezlanishi massasiga teskari proporsional bo'ladi, ya'ni

$$a \sim \frac{1}{m}$$

Ikkala xulosani birlashtirib Nyutonning ikkinchi qonuniga quyidagicha ta'rifni beramiz: Jismning oladigan tezlanishi unga qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional massasiga teskari proporsionaldir, ya'ni

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

yoki vektor ko'rinishda yozsak 
$$\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m}$$

Bu formuladagi fizik kattaliklarning qiymatlari SI o'lchov birliklar sistemasida bo'lsa proporsionallik koeffitsienti

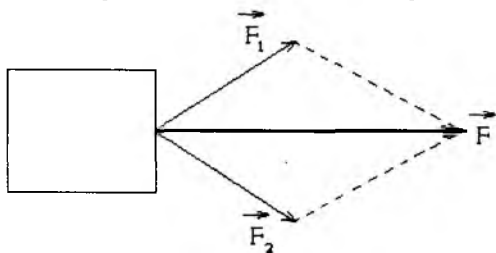
$k=1$  bo'ladi. Bu vaqtda  $a = \frac{F}{m}$  yoki  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ . Bulardan

kuchni topsak  $F=ma$  yoki  $\vec{F} = m \vec{a}$ .

Shundan keyin jismga bir necha kuch ta'sir etayotgan bo'lsa Nyutonning ikkinchi qonunidagi F kuchi bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisidan iborat ekanligini bir necha misollarda chizmalar bilan tushuntiramiz.

Masalan, jismga ikkita  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlar 34-rasmda ko'rsatilgandek ta'sir qilsa, ularning teng ta'sir etuvchisini parallelogramm qoidasiga ko'ra aniqlab ko'rsatamiz:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ . Son qiymatlarini masshtablar yordamida yoki

geometrik va trigonometrik usullarda aniqlanishini, uni masala yechish vaqtida ko'rib o'tishimizni uqdiramiz.



34-rasm

Kuch birligini quyidagicha ta'riflaymiz:

$F=ma$  da  $m=1\text{kg}$ ,  $a=1\text{m/s}^2$  bo'lsa  $F=1\text{n}$  bo'ladi, ya'ni  $1\text{ kg}$  massali jismga  $1\text{m/s}^2$  tezlanish beradigan kuch  $1\text{ n}$  bo'ladi;

$$1\text{n}=1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

“Nyuton qonunlari” o'quv fil'mining ikkinchi qismini namoyish qilib, o'quvchilar bimini mustaxkamlaymiz.

Bir necha kuch ta'siridagi harakatlarga oid masalalardan ishlab ko'rsatamiz.

Masala. Blok orqali o'tgan ipning ikki uchiga umumiy massasi  $30\text{ kg}$  bo'lgan ikkita yuk osilgan bo'lib, ular  $0.3\text{g}$  tezlanish bilan harakatlanmoqdalar. O'ng tomondagi yuk pastga harakatlanadi. Lift  $0.1\text{g}$  tezlanish bilan yuqoriga ko'tariladi. Lift ichida blok yuklari bilan dinamometrغا ilib qo'yilgan bo'lsa, dinamometrning ko'rsatishini toping. Ishqalanishni xisobga olmang.

Yechish. Chap tomondagi yukning tezlanishi yerga nisbatan yuqoriga yo'nalgan bo'lib, u quyidagiga teng bo'ladi (35-rasm).

$$a_1=a+a_1=0.3\text{g}+0.1\text{g}=0.4\text{g}$$

Bu yuk uchun

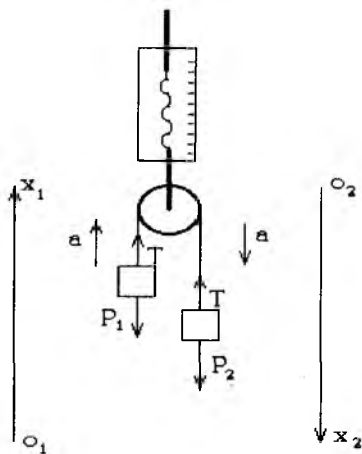
$$T-P_1=m_1a_1 \quad (1)$$

O'ng tomondagi yukning tezlanishi pastga yo'nalgan bo'liyu, u quyidagiga teng:

$$a_2=a-a_1=0.3\text{g}-0.1\text{g}=0.2\text{g}$$

Bu yuk uchun  $P_2 - T = m_2 a_2$

(2)



35-rasm.

Birinchi tenglikdan ikkinchisini ayramiz:

$$2T - P_1 - P_2 = m_1 a_1 - m_2 a_2$$

$P_1 = m_1 g$  va  $P_2 = m_2 g$  ekanini e'tiborga olsak

$$2T - (m_1 + m_2)g = m_1 a_1 - m_2 a_2 \text{ bundan}$$

$$F_g = 2T = (m_1 + m_2)g + (m_1 a_1 - m_2 a_2) =$$

$$(m_1 + m_2)g + m_1(a + a_1) - m_2(a - a_1) =$$

$$(m_1 + m_2)g + m_1 a - m_2 a + m_1 a_1 + m_2 a_1 =$$

$$(m_1 + m_2)g + (m_1 + m_2)a_1 + (m_1 - m_2)a = (m_1 + m_2)(g + a_1) + (m_1 - m_2)a \quad (3)$$

Javobni olish uchun (3) tenglikda  $(m_1 - m_2)$  ni aniqlashimiz lozim. Buning uchun (1) va (2) tengliklarni qo'shamiz va quyidagini xosil qilamiz:

$$(m_2 - m_1)g = m_1 a_1 + m_2 a_2 = m_1(a + a_1) + m_2(a - a_1)$$

$$\text{Bundan } m_1 - m_2 = (m_1 + m_2) \frac{a}{a_1 + g} \quad (4)$$

(4) ni (3) qo'yib, quyidagini hosil qilamiz.

$$F_g = (m_1 + m_2) \left( g - \frac{a^2}{g + a_1} \right)$$

Son qiymatlarini o'rniga qo'yib hisoblaymiz:

$$F_g = 30 \text{ kg} \left( g + 0.1g - \frac{(0.3g)^2}{g + 0.1g} \right) = 30 \text{ kg} \left( 1 + 0.1 - \frac{0.09}{1.1} \right) g =$$

$$= 30(1.1 - 0.082)g = 30 \cdot 1.018 \cdot 9.8 = 300 \text{ N}$$

Demak, dinamometr 300 N ni ko'rsatadi.

## 17-§. NYUTONNING UCHINCHI QONUNI

Nyutonning uchinchi qonunini o'rganishda avval o'quvchilarni o'zaro ta'sir haqidagi bilimlarini takrorlaymiz. Keyin tinch turgan jismlardagi o'zaro ta'sirga misollar keltiramiz: polda turgan stol, Yerda turgan bochka va boshqa nasralar, rel'sdagi vagon, ... Bu misollarda ikkita jism ta'sir qiladigan kuchlarni aniqlab taxlil qilish kerak. Shuni unutmaslik kerakki, bir jismni ikkinchisiga ta'sirini "ta'sir" desak, ikkinchisini birinchisiga ta'sirini "aks ta'sir" deb yuritamiz. Bu kuchlar turli jismlarga qo'yilgan bo'lib, Nyutonning 2-qonunida kuchlar bir jismga qo'yiladi va ularni teng ta'sir etuvchisi aniqlanadi.

Harakatdagi jismlarning o'zaro ta'siriga ham misollar keltirib ularni taxlil qilamiz: Ikkita aravacha ustida bolalar bo'lib, ular arqonning uchlaridan ushlab tortadilar (36-rasm). Biri tortadimi, ikkalasi tortadimi, bundan qat'iy nazar ikkala aravachalar bir-biriga qarab harakat qiladilar.

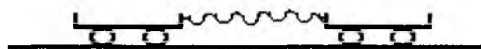


36-rasm.

Shunga o'xshash qayiqdarni ham suvda bir-biriga qarab harakat qilishini tushuntiramiz. Bu misollardan bir jism ikkinchisiga ta'sir qilsa ikkinchisi ham birinchisiga qarama-qarshi yo'nalishda ta'sir qiladi, degan xulosalarni chiqaramiz.

Jismlar o'zaro teng kuchlar bilan ta'sir qilishini ko'rsatish uchun massalari bir hil bo'lgan ikkita aravacha bilan tajriba o'tkazish lozim. Siqilgan holatda ip bilan bog'langan prujina aravachalarning biriga mahkam yopishtiriladi va ikkinchi

aravachaga tegib turadi (37-rasm). Ipni kuydirib prujinani bo'shatilsa ikkala aravacha qarama-qarshi tomonga qarab harakat qiladi. Bu aravachalarining ikkovi ayni bir vaqt ichida bir xil yo'lni bosib o'tadi.



37-rasm.

Shunga ko'ra aravachalar bir-biriga bir xil tezlanish bergan, degan xulosaga kelamiz: kattaligi bir xil, ammo, qarama-qarshi yo'nalgan tezlanishlarni kattaligi bir hil va yo'nalishi qarama-qarshi bo'lgan kuchlar vujudga keltiradi. Agar aravachalar ustiga mayatniklar o'rnatilsa ular bir hil burchakka og'adi, chunki mayatnikning og'ish burchagi aravachaning tezlanishiga proporsional bo'ladi.

Tajribalardan olingan xulosalarni umumlashtirib Nyutonning uchinchi qonunini ta'riflaymiz va uning matematik ifodasini yozamiz:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \text{ "—" ishora kuchlarning qarama-qarshi}$$

yo'nalganligini ko'rsatadi. Bir-biriga bog'langan jismlarga oid masalalar yechayotganda Nyutonning uchinchi qonuniga asosan qaysi kuchlar miqdor jixatidan teng ekanini ko'rsatishda albatta ular qaysi nuqtalarga qo'yilganini ham ko'rsatib o'tish lozim. Bunga misollar tariqasida odamning, ot-aravachaning, teplovozning,... Yerdagi xarakatini ko'rib chiqish mumkin. Bu misollarda o'zaro ta'sir qiluvchi jismlar juftlarini ajratish mumkindir: 1) Odam-Er; 2) Ot-Er; arava-Er) ot-arava) 3) teplovoz-vagon; vagon-Er; Teplovoz-Er. Teplovoz bilan rel's (Er) orasidagi ishqalanish kuchi harakat yo'nalishida bo'ladi. Agar bu kuch yetaklovchi g'ildiraklar bilan rel's orasidagi tinchlikdagi ishqalanish kuchining maksimal qiymatidan katta bo'lsa teplovoz sostavni tortib ketadi. Kichik bo'lsa o'rmidan siljitolmaydi. Xuddi shunday ot bilan Yer orasidagi tortish kuchi harakat yo'nalishida bo'lib, u tinchlikdagi ishqalanish kuchining (ot va aravani) maksimal qiymatidan katta bo'lsa arava yuradi.

Shu yerda “Nyuton qonunlari” o’quv fil’mining uchinchi qismini namoyish qilib o’quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz.

## 18-§. ELASTIK KUCHI

Xozirgi zamon fizikasi kuchlarning, ya’ni moddiy ob’ektlarning o’zaro ta’sirining to’rtta turini biladi: gravitatsiya, elektromagnit, kuchli va kuchsiz o’zaro ta’sirlar. O’quvchilar gravitatsiya kuchlari bilan va elektromagnit kuchlarning ba’zi bir ro’yobga chiqishlari bilan elastiklik va ishqalanish kuchlarini ko’rib chiqish jarayonida tanishadilar.

Kirish suhbatida muskul kuchlari, og’irlik kuchi, elektr va magnit kuchlari kabi turli kuchlarning mavjudligi, ularning ta’sirida jism harakatining o’zgarishini aytib o’tamiz. Shundan keyin o’quvchilarga ko’pgina kuchlar asosan tabiatning ikkita kuchiga keltirilishini, ular butun olam tortishish (gravitatsiya) kuchi va elektromagnit kuchlaridan iboratligini, gravitatsiya kuchi hamma (ixtiyoriy) jismlar orasida ta’sir qilishini elektromagnit kuchlari elektr zaryadiga ega bo’lgan jismlar orasida ta’sir qilishini uqdiramiz.,

Shu yerda o’quvchilarga zaryadlangan jismlarning o’zaro ta’sirini, doimiy magnitlarning tortishishini va itarilishini tajribada ko’rsatib, ular elektromagnit tabiatga ega ekanini tushuntiramiz. Shundan keyin tashqi kuchlar ta’sirida jism shaklining o’zgarishini deformatsiya deyilishini aytib, deformatsiya turlariga to’xtalamiz.

Asosan cho’zilish, qisilish va egilish deformatsiyasiga ko’proq ahamiyat beriladi. Cho’zilishda atom va molekulalar orasidagi masofa ortadi, qisilishda esa ular yaqinlashadilar. Egilish deformatsiyasi bir jinsli bo’lmagan cho’zilish va qisilish deformatsiyasiga keltiriladi. Cho’zilish va qisilishda kuch xamma vaqt jism sirtiga tik ravishda yo’nalgan bo’ladi. Jismlar o’zaro ta’sir qilganlarida har ikkalasi ham deformatsiyalanadilar.

Hamma jismlarni ikkiga bo’linishini, ularning birlarini elastik jismlar, ikkinchilarini noelastik yoki plastik jismlar deb atalishini aytib, ta’riflarini beramiz.



Jismni deformatsiyalab undan kuchni olganimizda u avvalgi holatiga qaytib kelsa bunday jismni elastik jism deb yuritiladi. Masalan, rezina ip, prujinani cho'zsak yoki qissak avvalgi xolatiga qaytib keladilar.

Jismni deformatsiyalab undan kuchni olganimizda avvalgi holatga qaytib kelmasa (deformatsiyalanganicha qolsa) bunday jismni noelastik (plastik) jism deb yuritiladi. Masalan: Temir mixni egsak avvalgi xolatiga qaytib kelmaydi.

Elastik jismlarda jismni avvalgi holatiga qaytaruvchi kuch bu atom va molekulalar orasidagi tortishish kuchidan iborat. Jism deformatsiyalanganda (masalan, cho'zilganda), molekulalar orasidagi masofa ortib ular orasidagi tortishish kuchi xam ortadi, bu kuch jismni o'z xolatiga qaytaradi.

O'quvchilar bir xil ishorali zarayadlarning itarilishini, turli ishoralilari tortishishini, atomlar musbat zaryadli yadro va ular atrofida aylanib yuruvchi elektronlardan tashkil topganligini biladilar. Deformatsiyalanmagan jismlarda atomlar orasidagi elektromagnit torishiish va itarish kuchlari teng bo'ladi. Ular yaqinlashsalar itarish kuchi ortib ketadi, uzoqlashsalar tortishish kuchi ortib ketadi.

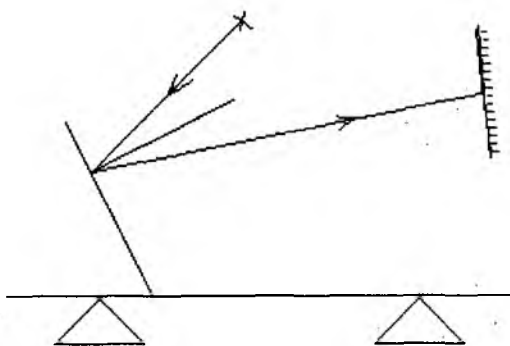
Elastiklik kuchini tushuntirishda magnit kuchlarini e'tiborga olmasak ham bo'ladi. Chunki bu kuchlar elektr kulon kuchidan juda kichikdir. Atomlarning yaqinlashishiga elektronlararo va yadrolararo itarilish kuchlari to'sqinlik qilsa, uzoqlashishiga elektronlar va yadrolar oralaridagi tortishish kuchlar to'sqinlik qiladi.

Shuni ham aytish kerakki, atomlarning nisbiy siljishlari natijasida faqat cho'zilish va qisilish deformatsiyasi bo'lib qolmasdan siljish, bukilish va buralish deformatsiyalari ham sodir bo'ladi.

Jism deformatsiyalanganda elastiklik kuchi hamma vaqt jism zarralarining ko'chish yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalganligini, agar Shunday bo'lmasa jism avvalgi holatiga qaytmagan bo'lishini aytib, uni rezina ipni va prujinani siqib va cho'zib ko'rsatamiz. Demak, elastiklik kuchi jismning deformatsiyalanishida paydo bo'ladigan va jism zarralarining deformatsiya vaqtidagi ko'chish yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga yo'nalgan kuchdir:

O'quvchilarga tabiatda hamma jismlar deformatsiyalanishini, absolyut deformatsiyalanmaydigan (absolyut qattiq jism) jismlarda ham juda kichik bo'lsada elastiklik kuchi vujudga kelishini aytib uni quyidagicha tajribalarda ko'rsatamiz.

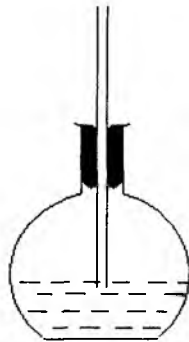
1. Tayanchlarga juda qattiq po'lat plastinka qo'yib uni qo'limiz bilan bosamiz (38-rasm). Bunday deformatsiyani ko'zimiz sezmaydi. Plastinka ustiga kichkina ko'zgu (oyna) qo'yib, unga ma'lum burchak ostida yorug'lik nuri yuboramiz.



38-rasm.

Yorug'lik ko'zgudan qaytib ekranga (devorga) tushadi. Plastinkani bossak devordagi yorug'lik (zaychik) siljiganini ko'ramiz. Demak, plastinka deformatsiyalandi.

2. Shisha kolbaning rezinka qapqog'ini teshib unga ingichka naycha o'tkazamiz. Kolbaga to'la rangli suv quyib qapqog'ini og'ziga tiqib berkitamiz. Naychanning uchi kolbadagi suvga tushib turadi. Naychadan suv quyib, unda suv uctunini ma'lum balandlikka keltiramiz (39-rasm).



38-rasm.

Kolba ostidan ozgina bossak naychadagi suv ko'tarilganini ko'ramiz. Demak, kolba deformatsiyalandi qo'limizni kolbadan olsak naychadagi suv avvalgi balandligiga qaytadi. Shundan keyin elastik va noelastik jismlarning hayotda va texnikada qo'llanishlariga qisqacha to'xtalib o'tamiz hamda bir necha masalalarni ko'rib chiqamiz.

Nisbiy deformatsiya deb jism o'lchamining o'zgarishini avvalgi (boshlang'ich) o'lchamiga nisbatiga aytiladi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X}$$

Buni cho'zilish yoki qisilish deformatsiyasiga tadbiiq etsak:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l}$$

Bundagi  $\Delta l$  – uzayish (absolyut uzayish),  $l$  – deformatsiyadan avvalgi uzunlik.

Jismga tashqi kuch ta'sir etib, deformatsiyalaganda jism qavatlarida tashqi kuchga qarshi yo'nalishdagi ichki kuch hosil bo'ladi. ichki kuch tashqi kuchga tenglashguncha ortib boradi, tenglashgandan keyin deformatsiyalanish to'xtaydi.

Jismning ko'ndalang kesimini birlik yuzasiga ta'sir etuvchi ichki kuchni kuchlanish deb ataladi:

$$P = \frac{F_{\text{ichki}}}{S}; \text{ birligi } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ dir.}$$

Jism sirtining birlik yuzasiga tik ravishda ta'sir etuvchi tashqi kuni zo'riqish deyiladi.

Elastik deformatsiyada yuzaga keladigan kuchlanish nisbiy uzayishga to'g'ri proporsionaldir.

Bu Guk qonunidir. Uning matematik ifodasi:

$$\varepsilon = \alpha R$$

Bu yerdagi  $\alpha$  – elastiklik koeffitsienti deb ataladi, uning teskari qiymatini (cho'zilish deformatsiyasida), ya'ni  $1/\alpha = E$  ni Yung moduli deb yuritiladi. Yung moduli jism moddasining elastik cho'zilish (siqilish) deformatsiyasiga qarshilik ko'rsatish qobiliyatini ifodalab, u jism o'lchamlariga bog'liq emas. Buni e'tiborga olsak

$$\varepsilon = \alpha P = \frac{1}{E} P \text{ yoki } P = E \varepsilon; \varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell} \text{ ni o'rniga qo'ysak:}$$

$$P = E \frac{\Delta \ell}{\ell} = \frac{1}{\alpha} \frac{\Delta \ell}{\ell};$$

$$\text{Yung modulining birligi } [E] = \frac{[P]}{\left[ \frac{\Delta \ell}{\ell} \right]} = \frac{N}{m^2};$$

Elastik prujina va rezina ipning absolyut uzayishi unga qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni bunda Guk qonuni quyidagicha bo'ladi: absolyut uzayish qo'yilgan kuchga to'g'ri proporsional bo'ladi:  $F_{el} = -k \Delta \ell$

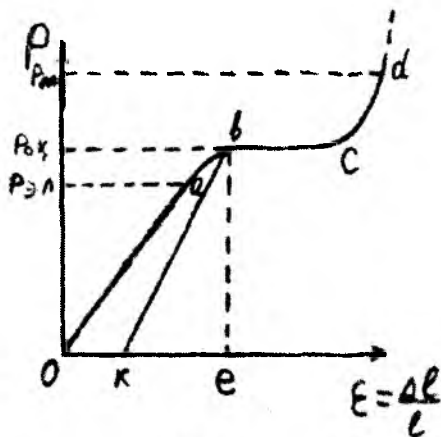
Bu yerda  $k$  – bikrlilik bo'lib, uning birligi

$$[k] = \frac{[F_{el}]}{[\Delta \ell]} = \frac{N}{m} \text{ bo'lib, u prujinani (ipni) } 1m \text{ cho'zish}$$

uchun qancha kuch qo'yilishi kerakligini ko'rsatadi.

Shundan keyin kuchlanish bilan nisbiy uzayish orasidagi bog'lanishni ifodalovchi va tajribadan olingan diagrammani (grafigini) ko'rib chiqamiz (40-rasm).

Bu diagramma temir sterjenning bir uchini mahkamlab ikkinchi uchiga kuch ta'sir qilib hosil qilingan.



40-rasm.

Diagrammaning Oa qismi kuchlanish nisbiy uzayishga proporsional ekanini ko'rsatadi.  $P_{\epsilon l}$ -elastiklik chegarasi bo'lib, kuchlanishni yana ortdirib borsak Oa to'g'ri chiziq ab egri chiziqqa aylanadi, ya'ni Guk qonuni bajarilmaydi. Deformatsiya (sterjen) elastiklikdan chetlashadi. Nisbiy uzayishni Oe ga yetkazsak (diagrammada b nuqta) va kuchni sekin-asta kamaytirib nolga tushirsak, deformatsiya bk to'g'ri chiziq bo'yicha kamayib, qoldiq deformatsiya qoladi (Ok). b nuqtadan keyin kuchlanishni orttirib borsak uning qiymati  $P_{oq}$  ga tengligicha qoladi. Bu diagrammada bc gorizontal qismi bo'lib  $P_{oq}$  kuchlanish ta'sirida sterjen cho'zilib boradi, bu vaqtda u "oquvchan" bo'lib qoladi, deb yuritimiz.  $P_{oq}$  kuchlanish oquvchanlik chegarasi bo'lib, diagrammadagi bc qism oquvchanlik supachasidan iboratdir. Tashqi kuchni yanada orttirib borsak sterjen deformatsiyalanishga yana qarshilik ko'rsatadi. Tashqi kuchni yanada orttirib borsak d nuqtada sterjen uziladi. Bu vaqtdagi kuchlanish  $P_m$  materialning mustahkamlik chegarasi deb yuritiladi. Bularni o'quvchilarga diagrammani ko'rgazmasidan foydalanib tushuntirish maqsadga muvofiqdir.

O'quvchilarga qurilishlarda va inshootlarda yemirilishlar, buzilishlar bo'lmasligi uchun mustahkamlikka katta e'tibor

berilishi, Shuning uchun mustahkamlik zahirasi degan tushuncha kiritilgani, mustahkamlik chegarasi yo'l qo'yilgan kuchlanishdan necha marta katta ekanligini ko'rsatadigan son mustahkamlik zahirasi deb atalishini aytib, unga misollar keltiramiz.

Masalan, mustahkamlik zahirasi temirda 4-5 gacha, cho'yanda 6-8 gacha, yog'ochda 8-10 gacha va hokazo.

Shu yerda o'quvchilarga ko'priklarning oldiga 5t., 10t. kabi yo'l belgilari qo'yilganini, bu yo'l qo'yilgan yuk ekani, ko'priklarning mustahkamlik zahirasiga ko'ra ko'priklardan ko'rsatilgan yukdan bir necha marta ko'p yukni o'tishi mumkinligini, lekin xavfsizlikni ta'minlash uchun bunga yo'l qo'yilmasligini ham aytib o'tish maqsadga muvofiqdir.

Masala. Massasi 0.1 kg bo'lgan ikkita aravacha siqilgan prujina yordamida bir-biriga bog'langan. Prujinaning siqilgan holatdagi uzunligi  $6\text{sm}=0.06\text{m}$ , bikrligi  $30\text{n/m}$ . Aravachalar prujina yozib yuborilgandan keyin  $6\text{m/s}^2$  tezlanish bilan harakatlandi. Deformatsiyalanmagan prujina uzunligini aniqlansin.

Yechish. Vaqtning boshlang'ich momentida har bir aravachaga ta'sir qiluvchi kuchni aniqlaymi:  $F=ma$ ;  $F=0.1\text{ kg } 6\text{m/s}^2=0.6\text{n}$ .

Prujina yarmining bikrligini hisoblaymiz:  $K^1=2K$

Guk qonuni yordamida prujinaning har bir uchining deformatsiyasini (siqilishini) aniqlaymiz

$$X^1 = \frac{F_{\text{g}}}{k^1} = \frac{0.6\text{H}}{2 \cdot 30\text{H/M}} = 0.01\text{M}$$

Butun prujinaning deformatsiyasini hisoblaymiz:

$$X_{\text{pr}} = 2X^1 = 2 \cdot 0.01\text{m} = 0.02\text{ m}$$

Deformatsiyalanmagan prujina uzunligini aniqlaymiz.

$$l = l_0 + X_{\text{pr}} = 0.06 + 0.02 = 0.08\text{ m}$$

Shunga o'xshash masalalardan yechib, o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

## 19-§. ISHQALANISH KUCHI

Ishqalanish kuchi elastiklik kuchi kabi elektromagnit tabiatga ega bo'lib, u atom va molekularning elektr zaryadlarining o'zaro ta'siriga bog'liqdir:

Avval ishqalanish haqida tushuncha berib, ularning turlarini aytib o'tamiz. Bir-biriga ishqalanuvchi ikkita jism orasidagi ishqalanish bir jism ikkinchisi ustida harakatlanganda yoki ular nisbiy tinch turganda hosil bo'lishini aytib quyidagi tajribani namoyish qilamiz.

Ustida toshi bo'lgan brusokni tribometr ustiga qo'yib, uning irmog'iga dinamometrni ilamiz. Dinamometrni tribometrga parallel ravishda sekin-asta torta boshlaymiz. Brusok joyidan qo'zg'almasa xam dinamometr prujinasi cho'zila boradi. Ma'lum bir paytda brusok xarakatga keladi. Shu paytdagi dinamometrning ko'rsatishi tinchlikdagi ishqalanish kuchi bo'ladi. Bu tajribani taxlil qilib quyidagi xulosalarni chiqaramiz:

1. Brusokka o'zaro teng va qarama-qarshi tomonga yo'nalgan ikkita kuch – tortish kuchi va tinchlikdagi ishqalanish kuchi ta'sir qiladi.

2. Tinchlikdagi ishqalanish kuchi tortish kuchi ortishi bilan noldan boshlab o'sa boshlaydi.

3. Tinchlikdagi ishqalanish kuchi istalgan tomonga yo'nalishi mumkin, ammo u tortish kuchiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.

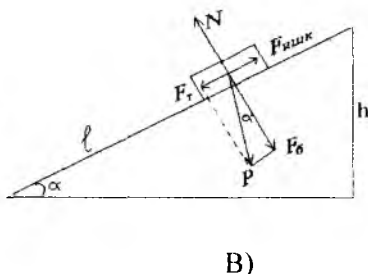
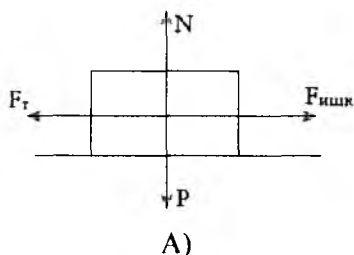
Shundan keyin tinchlikdagi ishqalanish kuchining qo'llanishiga doir misollar keltiramiz: tasmaning shkivga (sirpanmasdan) ishqalanishida, qiya transporterda yuklarni ko'tarishda, qiya polotnoda donlarni tozalashda, avtomobilning tishlashish muftasida tinchlikdagi ishqalanishdan foydalanilgandir.

Brusokni tortib harakatga keltirib uni tekis harakat qildirib, sirpanish ishqalanish kuchi maksimal tinchlikdagi ishqalanish kuchiga taxminan teng bo'lishini ko'rsatamiz. Tajribadan ishqalanish kuchi normal bosim kuchiga proporsional ekanligi aniqlanadi. Ishqalanish koeffitsienti to'g'risidagi tushunchani kiritish orqali ishqalanish kuchi  $F=KN$  shaklida

beriladi. Turli materiallar bilan tajribani takrorlab ishqalanish koeffitsienti ishqalanuvchi sirtlarning materialiga, holatiga va tozaligiga bog'liq bo'lishini ko'rsatamiz. Tinchlikdagi ishqalanish koeffitsienti bilan sirpanish ishqalanish koeffitsienti bir xildir.

Endi ishqalanish koeffitsientini aniqlashni ko'rib chiqaylik.

Tribometr bilan qilinadigan tajribada brusokka to'rta kuch: og'irlik kuchi  $P$ , tayanch reaksiyasi  $N$ , tortish kuchi  $F_t$  va ishqalanish kuchi  $F_{ish}$  ta'sir qiladi. Ularni shartli ravishda brusokning og'irlik markaziga qo'yiladi (41-rasm).



41-rasm.

Agar brusokni o'z xolicha qo'yib tribometrni bir tomonidan sekin-asta ko'tara borsak ma'lum bir paytda brusok xarakatga kelib, tekis xarakat bilan pastga sirpanib tusha boshlaydi. Bu vaqtda ishqalanish kuchi og'irlik kuchining qiya tekislikka parallel tashkil etuvchisiga teng bo'ladi 41b-rasmdan ( $N=F_b$ ):

$$F_t = P \sin \alpha = mg \sin \alpha$$

$$F_b = P \cos \alpha = mg \cos \alpha$$

Ishqalanish kuchi  $F_{ish} = k N = k F_b = k mg \cos \alpha$

Brusok tekis harakat qilgani uchun Nyutonning birinchi qonuniga ko'ra  $F_t = F_{ish}$  bo'ladi. Bunga yuqoridagi qiymatlarini qo'ysak

$$mg \sin \alpha = k mg \cos \alpha$$

$$\text{bundan } k = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l}$$

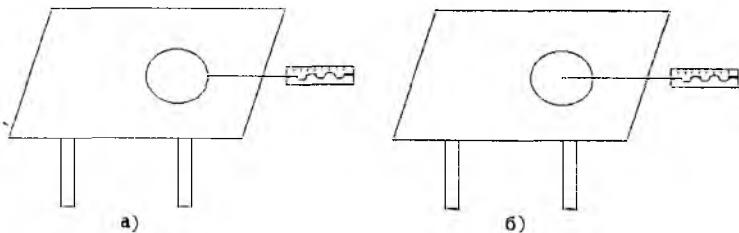


Demak, tinchlikdagi va sirpanish ishqalanish koeffitsienti jism og'irlik kuchi ta'sirida xarakat qilayotgan qiya tekislikning og'ish burchakgi tangensiga teng bo'ladi.

Dumalash ishqalanishi haqidagi tushunchaga o'tib, dumalash ishqalanish kuchi bosim kuchiga to'g'ri proporsional, dumalayotgan jism (tsilindr, shar) radiusiga teskari proporsionalligini turli radiusli va turli og'irlikdagi tsilindrarni dinamometrغا ilib dumalatish orqali tushuntiramiz, hamda uni hisoblash formulasini beramiz:

$$F_g = M \frac{P}{R}$$

Dumalash ishqalanish kuchi sirpanish ishqalanish kuchidan kichik ekanini quyidagi tajriba yordamida ko'rsatamiz (42-rasm).



42-rasm.

Avval silindrni yotqizib dinamometr bilan tortamiz. Keyin silindrni gardishi bilan qo'yib tortamiz. Birinchi holda tsilindr sirpanib harakat qiladi (42a-rasm). Ikkinchi holda dumalab harakat qiladi (42b-rasm). Dinamometr birinchi xoldagi kuch ikkinchi holdagidan katta bo'lganini ko'rsatadi. Demak dumalash ishqalanish kuchi sirpanish ishqalanish kuchidan kichik bo'ladi. Dumalash ishqalanish koeffitsienti

$M = \frac{F_g \cdot R}{P}$  ni tajriba yordamida aniqlaymiz. Shar yoki

g'ildirakni dinamometr bilan tortib, tekis harakat qildirib  $F_g$  - ishqalanish kuchini, uning radiusini va og'irligini aniqlab o'rniga qo'yib,  $M$  ni aniqlaymiz.  $M < K$  bo'lishini ko'rsatamiz.

Shundan keyin ishqalanuvchi sirtlarning yeyilishi, yeyilishni kamaytirish uchun moylashdan foydalanishga va dumalash ishqalanishidan ko'proq foydalanishni aytib o'tamiz.

Podshipniklar to'g'risida gapirganda quyidagilarga e'tibor beramiz:

1. Sharikli va rolikli podshipniklarda dumalash ishqalanishidan tashqari sirpanish ishqalanishi xam ro'y beradi, chunki sharik va roliklar turli diametrdagi xalqalar orasida dumalaydi.

2. Bosim juda katta va podshipning materiali buzilishi mumkin bo'lgan xollarda shariklar emas, balki roliklar ishlatiladi. Masalan, temir yo'l vagonlarining podshipniklarida...

O'quvchilarga suyuqliklarda ham ishqalanish mavjudligi quyidagi tajriba yordamida ko'rsatamiz: o'rtasida irmog'i bo'lgan metall plastinkani ipga bog'lab suyuqlik ichiga tushiramiz. Ipni sekin-asta eshsak suyuqlik ichida plastinka aylana boshlaydi. Bir ozdan keyin suyuqlik sirtiga tashlab qo'yilgan po'kak xam aylana boshlaydi. Bundan ko'ramizki suyuqliklarda xam ichki ishqalanish mavjuddir.

Ichki ishqalanishni quyidagicha tushuntirish maqsadga muvofiqdir: metall plastinkaga suyuqlik kabati yopishgan bo'ladi (Molekularining tortishish kuchiga asosan) (43a-rasm). Plastinka aylanganda suyuqlikning bu qavati ham aylana boshlaydi. Bu kabat o'zidan keyingi qavatdagi suyuqlikka ta'sir qilib uni ham aylanishga majbur qiladi. Bu qavat o'zidan keyingi kabat suyuqlikni harakatga keltiradi. Aylanish qavatdan-qavatga o'tib borib, ularning tezliklari kichiklashib boradi. Ohirida suyuqlik sirtidagi kabat aylanib ustidagi po'kak xam aylanadi. Qavatlarning tezliklarini farqi ichki ishqalanishni vujudga keltiradi.

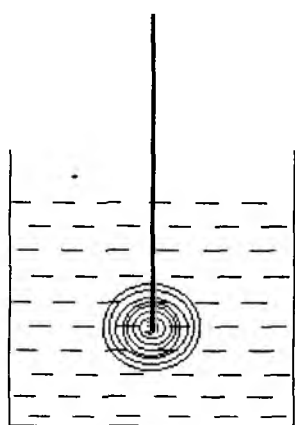
Bir plastinkani osib qo'yib uning ostidagisini aylantirsak bir ozdan keyin yuqoridagi plastinka xam aylana boshlaydi. Bundan ko'ramizki, yuqoridagi kabi havoda xam ichki ishqalanish bo'ladi (43b-rasm).

Agar ipni yuqoriga tortsak plastinka ham yuqoriga ko'tarila boshlaydi. Bu vaqtda uning tepasida suyuqlik zichlashib ostida siyraklashadi. Natijada plastinkani xarakatiga

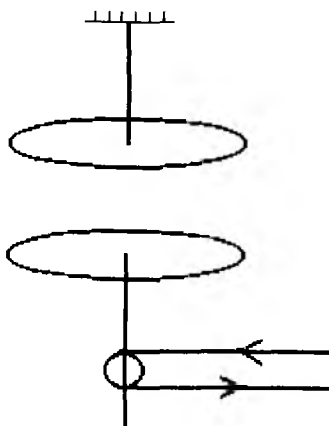
to'sqinlik qiluvchi kuch ya'ni muhitning qarshiligi hosil bo'ladi. Parashyutchining tekis xarakat qilib tushishiga sabab havoning qarshilik kuchi og'irlik kuchiga tenglashishidir.

Qarshilik kuchi kichik tezliklarda tezlikning birinchi darajasiga, katta tezliklarda tezlikning ikkinchi darajasiga bog'liq bo'ladi:  $F_q = \alpha v$  va  $F_q = \beta v^2$ . bu yerda  $\alpha$  va  $\beta$  lar suyuqlik yoki gazning xossalriga va jism shakliga bog'liq kattaliklar ekanini aytib, yarim sfera shakldagi jismlarga qarshilik kuchi katta bo'lishini, Shuning uchun parashyutlar shakli yarim sfera kabi bo'lishini o'qdirib o'tamiz. Uni tajribada ham ko'rsatilsa yaxshi bo'ladi.

Parashyutchi sakrab parashyutini ochib tushgan sari tezligi ortib boradi, natijada havoning qarshilik kuchi ham ortib borib parashyutchi og'irligiga tenglashadi. Shu paytdan boshlab parashyutchining tezligi o'zgarmasdan tekis harakat qilib tusha boshlaydi. U yerga 3 metr balandlikdan sakrab tushganday qo'nadi.



A)



B)

43-rasm.

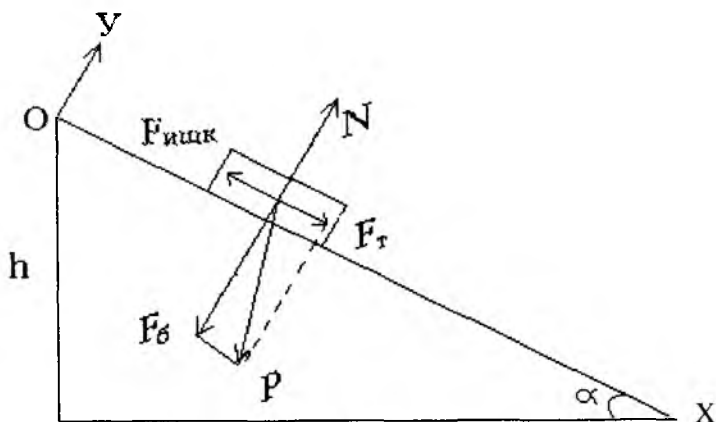
“Ishqalanish” kinofragmentini namoyish qilib o'quvchilarning bilimlarini mustaxkamlaymiz.

Keyin quyidagicha masalalardan ishlab ko'rsatamiz.

Masala. Gorizontga  $\alpha=30^\circ$  burchak ostida qo'yilgan qiya tekislikdan jism sirpanib tushmoqda. Ishqalanish koeffitsient  $k=0.3$  bo'lsa, jism qanday tezlanishi bilan tushadi?

Yechish. Jismga uchta kuch ta'sir qiladi: og'irlik kuchi  $p=mg$ , qiya tekislikning reaksiya kuchi  $N$  (bu kuch qiya tekislikka tik yo'nalgan), sirpanish ishqalanish kuchi  $F_{ish}$  (bu kuch harakat yo'nalishga qarama-qarshi yo'nalgan).

Qiya tekislikka berkitilgan sanoq sistemasining  $OX$  o'qini qiya tekislik bo'ylab olamiz, uning yo'nalishini jism tezlanishi yo'nalishida kelib olamiz (44-rasm).



44-rasm.

Kuchlarni  $OX$  o'qqa proyeksiyalari:

$$N_x=0; F_{ish\ x}=kN;$$

$$P_x=P \sin\alpha=mg \sin\alpha;$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra:

$$F=ma;$$

$$\text{Bu yerda } F=P_x-F_{ish}=mg \sin\alpha-kN$$

(1)

$$\text{Demak, } mg \sin\alpha-kN=ma$$

(2)

Tezlanishning  $OY$  o'qqa proyeksiyasi nolga teng ( $a=0$ ). Shuning uchun xamma kuchlarning  $Oy$ o'qqa

proyektsiyalarini quyidagicha yoza olamiz (Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra).

$$P \cos\alpha - N = 0 \quad (3)$$

Bundan  $N = P \cos\alpha$ . Buni (2) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz.

$$P \sin\alpha - kP \cos\alpha = ma$$

Bundan

$$a = \frac{P(\sin\alpha - k \cos\alpha)}{m} = \frac{mg(\sin\alpha - k \cos\alpha)}{m} = g(\sin\alpha - k \cos\alpha) \quad (4)$$

$$a = 9,8(\sin 30^\circ - 0,3 \cos 30^\circ) \text{ m/s}^2 \approx 10 \left( \frac{1}{2} - 0,3 \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ m/s}^2 = 2,35 \text{ m/s}^2$$

## 20-§. BUTUN DUNYO TORTISHISH QONUNI

Bu mavzuni muammoli bayon qilishga to'xtalib o'tamiz.

Ma'lumki, muammoli o'qitish muammoli vaziyat xosil qilishdan boshlanadi. Bu bosqichda o'quvchilarning fikrlash qobiliyatlari faollashadi. Ular bilimni qidirishda ishtirok etadilar, qidirish ishlariga qo'shiladilar, o'zlarini ilmiy yangilikni ochish ishtirokchilariday xis qiladilar.

Muammoli bayon qilish o'quv materiali juda yangi bo'lsa yoki o'quvchilarga savol-javob qilish og'irlik qilganda amalga oshiriladi. Bunda o'qituvchi materialni oddiy bayon qilmaydi, u muammo ustida tovushini chiqarib gapirib fikr yuritadi, uni xal etishni mumkin bo'lgan yo'llarini ko'rib chiqadi va sekin-asta to'g'ri yechimga olib keladi. Bu vaqtda o'quvchilar muxokama qilish mantiqini, uning tazligini qanday olib borishga o'rganadilar va materialni chuqurroq o'zlashtiradilar.

Muammoli bayon qilish uchun o'quv materiali tanlashda uning dunyoqarashni shakllantirishdagi ahamiyatiga, tabiat sirlariga sakin-asta kirib borishni ko'rsatilishiga, fundamental nazariyalarning tug'ilishiga, fundamental fizik eksperimentlarning roli va ahamiyatiga e'tibor berilishi

lozim. Buni amalga oshirishda fizika juda boy materialga egadir.

Misol tariqasida butun dunyo tortishish qonunini va Kevendish tajribasini muammoli bayon qilishga to'xtalib o'tamiz. Bayon qilishni quyidagicha boshlaymiz.

Agar Yer bilan Quyosh orasida hech qanday o'zaro ta'sir kuchi bo'lmasa Yerni Quyosh atrofida aylanish orbitasida ushlab turish uchun (aylanishni saqlash uchun) qanday ko'ndalang kesimga ega bo'lgan po'lat sim zarurligini hisoblab topamiz: Yer massasi  $m=6 \cdot 10^{24}$ kg, uning orbita bo'lab tezligi  $\vartheta=30$ km/s, Quyosh va Yer markazlari orasidagi masofa  $R=1,5 \cdot 10^8$ km, po'latning maksimal kuchlanishi  $\sigma=800$ N/mm<sup>2</sup>, mustaxkamlik zahirasi,

Masalani elastiklik kuchiga asosan yechamiz; uni o'quvchilar oldin o'rganganlar.

Bu yerda elastiklik kuchi (Erning) markazdan qochma kuchga teng bo'ladi  $F_{el}=m \frac{\vartheta^2}{R}$  (buni hisoblanadi).

$$\sigma_1 = \frac{F_{21}}{S}; S = \frac{F_{21}}{\sigma_1}; (\sigma_1\text{-kuchlanish, } S\text{-sterjenning ko'ndalang}$$

kesim yuzasi)

$$\text{bundagi } \sigma_1 = \frac{\sigma}{2} \text{ dir. } S = \frac{2F_{21}}{\sigma} = \frac{2m\vartheta^2}{\sigma R}; \text{ O'rniga qo'yib}$$

hisoblab topsak  $S=10^{14}$ m<sup>2</sup> chiqadi. Yerning kesimini (o'rtasidan) yuzi

$$S=\pi r^2=1,2 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$$

Bundan ko'ramizki, Yerni Quyosh atrofida aylanishini (orbitasida) saqlab turish uchun po'lat simning kesim yuzi Yer sharining kesim yuziga teng bo'lar ekan. Yerning orbitada aylanishini qanday kuch saqlab turadi? Uning tabiati qanday? U qanday qonunlarga bo'ysunadi? Bunday savollarni qo'yilishi ularni aniqlashga kuchli xoxish, qiziqish uyg'otadi. Shundan keyin qisqacha tarixiy ma'lumot beramiz: Jismlar orasida tortishish kuchlari mavjudligi haqidagi fikrni buyuk alloma Abu Rayhon Beruniy ham o'z zamonasida aytib ketgan. U Abu Ali Ibn Sinoga yozgan xatida mayda zarralar

orasida ham katta jismlar orasida ham tortishish kuchlari mavjudligini aytib o'tgan. Bu fikrlar Nyuton zamonidan olti asr avval aytilgan.

Jismlar orasidagi tortishish kuchini aniqlash ancha vaqtni bosib o'tdi. Shuni qisqacha ko'rib chiqaylik.

17-asr boshlarida I.Kepler (1571-1630) astronom Tixo Brageni kuzatishlarini muxokama qilib planetalarning harakat qonunlarini berdi. Bu qonunlar Shunday masalani o'rtaga tashladi: Qanday kuchlar ta'sirida planetalar harakat qiladilar? Galiley inertiya qonunini ochib, bu masalani yechishni boshlang'ich jarayonini berdi. Gyuygens markazdan qochma kuchga oid munosabatlarni berib, unga oid masalalarni yechishni ko'rsatdi. 1680 yilda Guk xamma osmoniy jismlar tortishishini, tortishish kuchi oralaridagi masofaning kvadratiga teskari proportsional bo'lishini aniqlaydi.

Galiley yerdagi va osmoniy xodisalarning farqi yo'qligini ko'rsatdi. Shundan keyin olimlar Quyosh tomonidan planetalarga ta'sir etuvchi kuchning mavjudligi, u masofaga bog'liqligi haqida fikr yurita boshladilar.

Shularga qaramay butun dunyo tortishi havoda osilib qolgan edi. Uni I.Nyuton xal qildi. Imkoni bo'lsa Nyutonni bu soxadagi ishlaridan misollar keltirib, hikoya qilib, olma haqidagi afsonani aytib o'quvchilar diqqatini tortishish qonunini o'rganishga qaratib uning matematik ifodasini quyidagicha mantiqiy qadamlar asosida keltirib chiqaramiz.

1-qadam. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra  $a = \frac{F}{m}$  yoki

$F = ma$ . Bizga ma'lumki, hamma jismlar bo'shliqda Yerga bir xil tazlanish bilan tushadilar. Bundan ko'ramizki erkin tushish tezlanishi jism massasiga bog'liq emas. Demak, jismni Yerga tortuvchi kuch jism massasiga to'g'ri proportsional bo'ladi.

$$F \sim m$$

2-qadam. Nyutonning uchinchi qonuniga ko'ra jism ham Yerni shuncha kuch bilan tortadi. Bu kuch yerning massasiga to'g'ri proportsional bo'ladi.

$F \sim M$

$F_t = F$  bo'lgani uchun

$F_t \sim m$

bo'ladi.

3-qadam. Jismning Yer sirtidagi tezlanishini ( $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>) u oycha masofada bo'lgan vaqtdagi Yerga tortish kuchi ta'sirida olgan tezlanishiga ( $a=0,0027$  m/s<sup>2</sup>) solishtiramiz.

Jism Yerdan Oygacha bo'lgan masofada bo'lganda uning Yer atrofidagi aylanish orbitasining radiusi Yerdan Oygacha bo'lgan masofaga teng bo'ladi. Oy va demak, jism xam Yer atrofida 1 km/s tezlik bilan radiusi  $R=384000$  km bo'lgan aylana orbita bo'ylab harakat qiladi.

Hamma jismlar yerning tortish kuchi ta'sirida bir xil masofada bir xil tezlanish bilan xarakat qiladilar. Oycha masofadagi jism tezlanishi markazga intilma tezlanishdan iborat bo'ladi, ya'ni

$$a = \frac{g^2}{R} = 2,7 \cdot 10^{-3} \frac{M}{c^2} = 0,0027 \frac{M}{c^2}$$

tezlanishlarning nisbatini topamiz.

$$\frac{g}{a} = \frac{9,81M/c^2}{0,0027M/c^2} \approx 3630$$

4-qadam. Yer markazidan sirtidagi jismning boshlang'ich tushish nuqtasigacha bo'lgan masofa taxminan Yer radiusiga teng bo'ladi ( $R_{er}=6400$  km). Yer markazidan Oy markazigacha (jismgacha) bo'lgan masofa  $R=384000$  km. Ularning kvadratlari nisbatini olamiz.

$$\frac{R^2}{R_{er}^2} = \frac{(384000)^2 \text{ km}^2}{(6400)^2 \text{ km}^2} \approx 3620$$

5-qadam. Hisoblashlardan ko'ramizki (3- va 4-qadamlardan):

$$\frac{g}{a} \approx \frac{R^2}{R_{er}^2}$$

Ya'ni tezlanish masofaning kvadratiga teskari proportsionaldir.



Bu tenglik taxminiy emas, aniq bo'lishi kerak. Taxminiy bo'lishiga sabab yerning shar shaklida emasligidir. Shuning uchun ham Yerning radiusi turli yerlarida turlichadir. Aniq hisoblashlar tenglikning aniqligini yanada ortdiradi.

6-qadam. Nyutonning ikkinchi qonuniga ko'ra tortish kuchi tezlanishga to'g'ri proporsionaldir:

$$F=ma; F\sim a$$

Tezlanish masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lgani uchun tortish kuchi ham masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'ladi.

$$F\sim \frac{1}{R^2}$$

Proporsionallikdan tenglikka o'tishda proporsionallik koeffitsienti  $G$  ni kiritamiz va butun dunyo tortishish qonunini yozamiz:

$$F=G \frac{mM}{R^2}$$

Bu yerda  $G$  gravitatsion doimiydir. Uning fizik ma'nosi Shuki, u massalari 1 kg dan bo'lgan ikki jism 1 m masofadan turib qanday kuch bilan tortishishini ko'rsatadi.

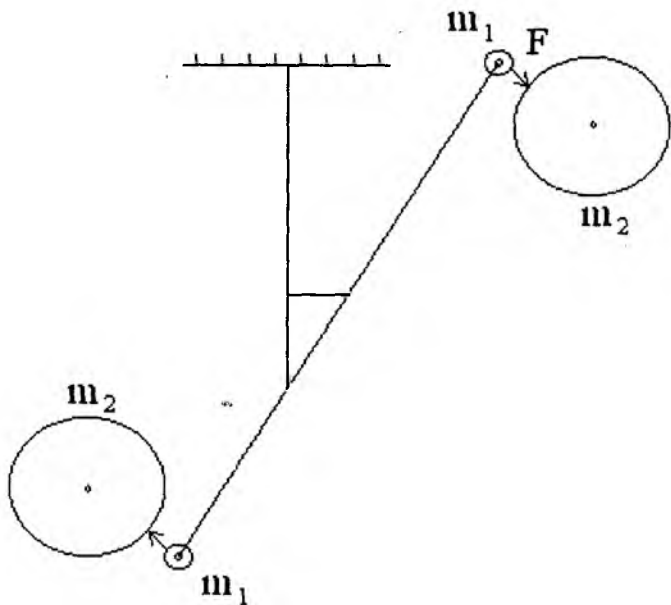
Butun dunyo tortishish qonunini o'rganishning yakunida yangi ochilgan qonunlar tabiatni chuqurroq bilishga imkon berishini, yangi bog'lanishlarni o'rganishini, gravitatsion tortishish tabiati haqida xozircha hech narsa deya olmasligimizni aytib o'tamiz.

Qonunni o'rganilgandan keyin gravitatsion doimiyning fizik ma'nosini berib, uni son qiymatini aniqlashdagi Kevendish tajribasini tushuntirishga o'tamiz. U fizika tarixida eng buyuk fundamental tajribalardan biridir. Bu tajriba orqali gravitatsion doimiyni aniqlanishi bilan butun dunyo tortishish qonuni tugallangan (to'la o'rganilganlik) xarakterini oldi. Shu bilan birga Yerning, Quyoshning, planetalar va ularning yo'ldoshlarining massalarini aniqlash imkoniyati tug'ildi. Bu esa Quyosh sistemasini bilishga bo'lgan muhim qadam bo'ldi.

Kevendish tajribasini ham quyidagicha muammoli bayon qilishimiz mumkin. Butun dunyo tortishish qonunidan gravitatsion doimiyini topamiz.

$$F=G \frac{m_1 m_2}{R^2} \text{ bundan } G = \frac{FR^2}{m_1 m_2}$$

Bundan ko'ramizki ikkita sharsimon jismning massalarini, markazlari orasidagi masofani va tortishishi kuchlarini aniqlasak  $G$  ni hisoblab topamiz. Jismlarning massalarini va ular orasidagi masofani katta aniqlikda o'lchashimiz mumkin. Tortishish kuchini aniqlash ancha murakkabdir, chunki u juda kichik bo'lib, yerdagi jismlarning o'zaro tortishishini hech xam sezmaymiz. Demak bu kuchni sezadigan va o'lchaydigan juda ham sezgir asbob kerak bo'lib qoldi. Bu muammo butun dunyo tortishish qonuni fanda aniqlangandan keyin  $G$  ni o'lchash zaruriyati tug'ilganda paydo bo'ldi. Oddiy dinamometr va o'sha vaqtning o'lchov asboblari juda kichik kuchlarni o'lchay olmas edi. 100 yildan keyin eksperiment (tajriba) ni qilish imkoniyati tug'ildi. Bu 1798 yilda ingliz G.Kevendish tomonidan amalga oshirildi. Bu vaqtga kelib juda kichik kuchlarni o'lchaydigan "buralma tarozilar" ishlab chiqilib, ularda o'lchash usullari o'rganilgan edi. Kevendish ana Shunday tarozidan foydalandi. O'qituvchi asbobning tuzilishi va o'lchash printsipini tushuntiradi. Asbob qaysi vaqtda kichik kuchlarni o'lchashi mumkin? Bunga ikkita imkoniyat bor. Birinchisi sharlarning xajmi va massasini ortdirish, ikkinchisi tarozini sezgiriligini ortdirish (shaynni aylantiruvchi momenti qancha kichik bo'lsa tarozining sezgiriligi shuncha katta bo'ladi). Tortish kuchi massaga to'g'ri proporsional bo'lgani uchun sharlarni massasini ortdirishga to'g'ri keladi. Kichik sharlarni massasini ortdirishda katta sharlarnikini? Kichik sharlarning massasini ortdirsak osma ipga ko'proq kuch ta'sir qiladi. U holda ipning ko'ndalang kesimini ortdirishga (yo'g'onlashtirishga) to'g'ri keladi.



45-rasm.

Bu vaqtda uning sezgirligi kamayadi. Kichik sharlarning massasini 2 marta ortdirsak tortishish kuchi ham ikki marta ortadi. Lekin, tarozining sezgirligi taxminan 3.8 marta kamayadi. Bundan ko'ramizki. Kichkina sharlarning massasini ortdirish maqsadga muvofiq emas (45-rasm).

Endi katta sharlarning massasini ortdirsak nima bo'lishini aniqlaylik. Agar biz katta sharlarning radiusini 2 marta ortdirsak ularning hajmi ham, massasi xam 8 marta ortadi ( $V \sim R^3$ ). Lekin Shu bilan birga katta va kichik sferalar orasidagi masofa ham ikki marta ortadi, tortish kuchi esa 4 marta kamayadi ( $2^2=4$ ). Bundan ko'ramizki, kuchdan 2 marta yutamiz ( $8/4$ ). Demak, katta sharlarning o'lchamini ortdirib massasini ortdirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bu muammo xal qilingandan keyin Kevendish tajribasi va uning natijalari berilib katta sharlarning massalarini katta qilib olganini sababi xam Shunda ekanini aytib ketamiz (158kg, kichiginiki 729g).

Muammoli bayon qilishda o'quvchilar aktiv eshituvchilar bo'ladilar. Ularda doim "Keyin nima bo'ldi?,"... degan savollar tug'ilib turadi. Hodisani bunday bayon qilish o'quvchilarning qiziqishini uyg'otadi, fikrlashlarini faollashtiradi, fanga bo'lgan qiziqishini ortdiradi. Bu uslubni tarbiyaviy ahamiyati ham kattadir. Ilmiy bilish metodlarini o'rganilayotgan material bilan uzviy bog'lab o'qitilishida o'quvchilar bu metodlarning yaxshi natijalarga olib kelishini ko'radilar. Tabiat sirlariga kirib borishni ko'rsatib borilsa, o'quvchilar dunyoni bilish mumkinligiga ishonch hosil qilib boradilar. Ularda qat'iyatlik, maqsadga intilish, o'ziga bo'lgan talablar tarbiyalanib (ortib) boradi.

## 21-§. TORTISH MAYDONI. GRAVITATSION MASSA

O'quvchilarga koinotdagi hamma jismlar bir-biriga tortishishini, ularning atrofida o'zlariga xos ko'rinmaydigan moddiy davomi mavjudligi, uni tortishish maydoni deb atalishi, xamma jismlar o'zlarining Shu maydonlari orqali tortishishlarini, bu maydonni gravitatsion maydon deb yuritilishini aytib massalari 60 kg dan bo'lgan ikki jism 1 m masofadan qancha kuch bilan tortishishini hisoblab ko'rsatamiz:

$$F=G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{K^2^2} \frac{60K^2 \cdot 60K^2}{1M^2} = 2,5 \cdot 10^{-7} H$$

Bu kuch juda kichik bo'lgani uchun biz uni sezmasligimizni va uni kuzata olmasligimizni, gravitatsion maydon xamma jismlar atrofida mavjudligini uqdiramiz.

Agar massalari katta bo'lgan jismlar orasidagi tortishish kuchini hisoblasak u katta bo'ladi. Jismning massasini boshqa jismga tortilishi bo'yicha aniqlasak, bu massani gravitatsion massa deb yuritiladi. Bundan ko'ramizki, massa bir vaqtning o'zida xam inertsiya o'lchovi, xam gravitatsiya o'lchovi bo'ladi.

Gravitatsion massa bilan inert massa bir-biriga tengligini ko'plab tajribalarda isbotlanganini aytib massaga quyidagicha ta'rif beramiz:

Jismlarning inertlik va gravitatsion xossalari xarakterlovchi va bu xossalarning o'lchovi xisoblanuvchi fizik skalyar kattalikka massa deb ataladi.

Jismning massasini yuqorida aytganimizdek ikki usul bilan aniqlashimiz mumkin. Lekin uchinchi usul xam mavjud bo'lib, u shaynli tarozi yordamida o'lchashdir. Buning uchun xam biror jismning massasini etalon sifatida qabul qilib Shunga taqqoslab (tarozida o'lchab) boshqa jismlarning massalari aniqlanadi. Buni o'quvchilar maktabda ko'rib chiqqanlar.

## 22-§. OG'IRLIK KUCHI. JISMNING OG'IRLIGI

Avval o'quvchilarga og'irlik kuchi jismni Yerga tortish kuchidan iboratligini, lekin Yer o'z o'qi atrofida aylanishi tufayli markazdan qozma kuch hosil bo'lishini, bu kuch jismning Yerga tortilish kuchidan juda ham kichik bo'lgani

uchun (Erni aylanish burchak tezligi  $\omega = 0,08 \frac{\text{rad}}{\text{c}}$ ;  $F = mg$ )

uni e'tiborga olmasak ham bo'lishini aytib, keyin formulasini chiqaramiz.

Yer sirtiga yaqin joylarda jismga ta'sir etuvchi kuch butun olam tortishish qonuniga asosan

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

Bu yerda M-Erning massasi, R-uning radiusi, m-jism massasi. Bu kuch og'irlik kuchidir, u Yerning markaziga yo'nalgandir. Agar jismga faqat Shu kuch ta'sir qilsa u erkin tushadi. Erkin tushish tezlanishini Nyutonnig ikkinchi qonunidan foydalanib topish mumkin.

$$g = \frac{F}{m} = G \frac{Mm}{R^2 m} = G \frac{M}{R^2}$$

$$F_{og'} = G \frac{Mm}{R^2} = mg ; F_{og'} = mg$$

Demak, og'irlik kuchi jism massasi bilan erkin tushish tezlanishi ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Shundan keyin jismning og'irligini ta'riflaymiz:

Og'irlik kuchi tufayli jism tomonidan taglikka yoki osmaga ta'sir etuvchi kuchni shu jismning og'irligi deb ataladi.

Shuni xam aytish kerakki, jism og'irligi taglikka yoki osmaga qo'yilgan kuchdir, og'irlik kuchi esa jismga qo'yilgan kuchdir.

Agar jism Yer sirtidan uzoqda bo'lsa  $g=G\frac{M}{r^2}$  bo'lib, unda

$r=R+h$  bo'ladi. U xolda  $g=G\frac{M}{(R+h)^2}$  bo'ladi. Bu jismning

Yer sirtidan ixtiyoriy  $h$  balandlikdagi erkin tushish tezlanishini aniqlash formulasidir.

Shuni ham aytish kerakki gravitatsion kuch  $F_2=G\frac{Mm}{R^2}$  bilan

$F_{og}=mg$  teng xuquqli emas, chunki  $F=mg$  formula faqat inertsiyal sanoq sistemalari uchun to'g'ri bo'lib, unga o'z o'qi atrofida aylanuvchi Yer kirmaydi.

$F_g$  va  $F_{og}$  larning farqini qutbdan ekvatorga siljib borishda ko'rishimiz mumkin. Ikkala kuch xam moduli bo'yicha kamayib boradi. Yer radiusini ortib borish natijasida  $F_g$  e'tiborga olmaslik darajada kamayadi,  $F_{og}$  esa Yerning aylanishi natijasida erkin tushish tezlanishining o'zgarishiga asosan sezilarli darajada o'zgaradi. Qutbda

$g=G\frac{M}{R^2}=\text{const}=9,83 \text{ m/s}^2$  o'zgaras deb qarash mumkin.  $45^\circ$

kenglikda  $\sim 9,81 \text{ m/s}^2$  ga, ekvatorida  $\sim 9,78 \text{ m/s}^2$  ga teng bo'ladi. Bundan tashqari  $F_g$  kuch hamma vaqt Yer markaziga intilgan bo'ladi,  $F_{og}$  kuchi esa qutb va ekvatoridan boshqa yerlarda radiusning yo'nalishidan og'gan bo'ladi. Bularni o'qituvchi e'tiborda tutishi lozim.

Bu mavzuga oid "Marsda uchraShuv" fil'mini ko'rsatib o'quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz. Oxirida bir necha masalalarni ko'rib chiqiladi.

Quyidagicha masalalardan yechib ko'rsatamiz.

1-masala. Yer sirtidan qanday balandlikda jism og'irligi 10% ga kamayadi? Yerning radiusini  $R=6370 \text{ km}$  deb oling.

Yechish. Yer sirtida jism og'irligi

$$P = G \frac{mM}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

H balandlikda jism og'irligi

$$P_1 = G \frac{mM}{(R + H)^2} \dots\dots\dots (2)$$

(M-Erning massasi, m-jism massasi)

(1)-tenglikni (2)-siga bo'lamiz:

$$\frac{P}{P_1} = \frac{(R + H)^2}{R^2}$$

Bundan

$$(R + H)^2 = \frac{P}{P_1} R^2; R + H = \sqrt{R^2 \frac{P}{P_1}} \text{ va } H = R \left( \sqrt{\frac{P}{P_1}} - 1 \right)$$

Bunga son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$H = 6370 \text{ km} \left( \sqrt{\frac{1}{0,9}} - 1 \right) = 350 \text{ km.}$$

2-Masala. Oyning radiusi Yer radiusidan 3,7 marta kichik, massasi esa Yer massasidan 81 marta kichik. Oy sirtida erkin tushish tezlanishi qanchaga teng?

Yechish. Yer sirtida erkin tushish tezlanishi.

$$g = G \frac{M}{R^2}; \text{ (M-Erning massasi, R-radiusi)}$$

Oyning sirtida erkin tushish tezlanishi:

$$g^1 = \frac{M_1}{R_1^2}; \text{ (M}_1\text{-Oyning massasi, R}_1\text{-radiusi)}$$

$$\frac{g^1}{g} = \frac{M_1}{M} \left( \frac{R}{R_1} \right)^2 \text{ bundan } g^1 = g \frac{M_1}{M} \left( \frac{R}{R_1} \right)^2$$

Son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$g^1 = \frac{M \cdot 10M/c^2}{81 \cdot M} \left( \frac{R_1 \cdot 3,7}{R_1} \right)^2 = \frac{10}{87} (3,7)^2 M/c^2 = 1,69 \frac{M}{c^2} = 1,7 M/c^2;$$

demak, Oyda jismlarning erkin tushish tezlanishi 1,7 m/s<sup>2</sup>

## 23-§. O'TA YUKLANISH VA VAZNSIZLIK

O'ta yuklanish va vaznsizlikni o'quvchilar yaxshi o'zlashtirishlari uchun o'rganishni masala yechishdan boshlash maqsadga muvofiqdir.

Masala. Liftda massasi  $m$  bo'lgan jism turibdi. Lift yuqoriga  $a$  tezlanish bilan ko'tarilayotganda, tekis harakat qilayotganda va  $a$  tezlanish bilan pastga tushayotganda bu jismning og'irligi qancha bo'lishini aniqlang.

Yechish. Koordinat sistemasini yerga berkitib, liftdagi hodisalarni inertsiyal sanoq sistemasida ko'rib chiqamiz. OY koordinata o'qini yuqoriga tik yo'naltiramiz (46-rasm).

Jismga og'irlik kuchi  $\vec{F}_{og'}$  va tayanchning elastiklik kuchi  $\vec{F}_y$  ta'sir qiladi. Bu kuchlarning yig'indisi jismga  $a$  tezlanish beradi. Jism uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozamiz.

$$\vec{F}_y + \vec{F}_{og'} = ma$$

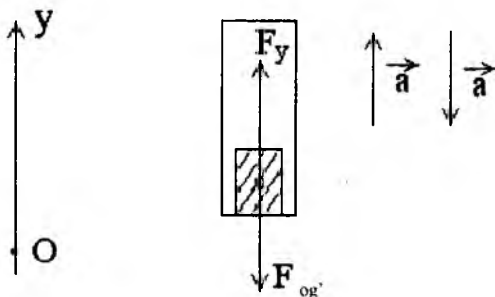
1. Bu tenglikning OY o'qiga proektsiyasi quyidagicha bo'ladi.

$$F_y - F_{og'} = ma \text{ yoki } F_y - mg = ma$$

Bundan

$$F_y = ma + mg = m(a + g)$$

Bu holda jism og'irligidan elastiklik kuchi  $ma$  cha ortiq bo'ladi.



46-rasm



Jism og'irligi jism tomonidan taglikka ta'sir etuvchi kuchdan iborat ekanini bilamiz. Uning absolyut qiymati jismga ta'sir etayotgan elastiklik kuchiga teng bo'ladi ( $P=F_y$ ),  
 $P=m(g+a)$

Bundan ko'ramizki, jism og'irligi og'irlik kuchidan ma kattalikcha ko'p bo'ladi. O'ta yuklanish xodisasi ana shundan iboratdir.

Lift tekis harakat qilganda  $a=0$  bo'lib  $P=mg$  bo'ladi, ya'ni jism og'irligi og'irlik kuchiga teng bo'ladi.

Lift tezlanish bilan pastga tik tushayotganda Nyutonning ikkinchi qonunining OY o'qqa proektsiyasi quyidagicha bo'ladi.

$$F_y - mg = -ma$$

Bundan

$$F_y = mg - ma = m(g - a)$$

$F_y = P$  bo'lgani uchun jism og'irligi

$$P = m(g - a)$$

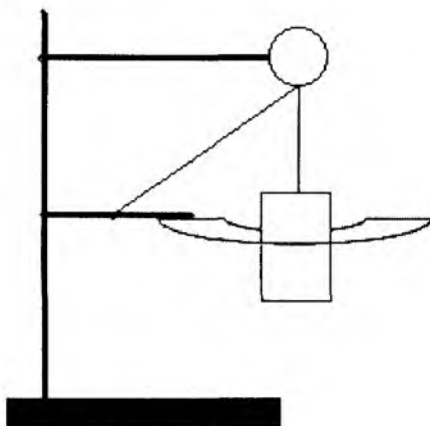
Demak, lift a tezlanish bilan pastga tushayotganda uning og'irligi og'irlik kuchidan ma cha kam bo'ladi. Bundan jism og'irligi qisman yo'qoladi.

Agar lift erikin tusha boshlasa  $a=g$  bo'lib,  $r=0$  bo'ladi, ya'ni jism bilan taglik orasida o'zaro ta'sir bo'lmaydi va jism og'irligi nolga teng bo'ladi. Bu esa to'la vaznsizlik xolidir.

Vaznsizlik holatga quyidagicha tajribalarni ko'rsatish maqsadga muvofiqdir.

1. Yengil ramkaga prujina orqali yuk ilib qo'yamiz. Prujinannig elastiklik kuchi yukning og'irligiga teng bo'ladi. Ramkani qo'yib yuborsak u pastga erkin tushadi. Bu vaqtda yuk ko'tarilib prujina cho'zilmagan xolatga kelganini kuzatamiz. Bu esa yukning vaznsiz xolatga o'tganini ko'rsatadi.

2. Shtativ xalqasidan o'tkazilgan pishiqlik ipning uchiga ikkita 1 kg li toshlarni ustma-ust qo'yib ilamiz (47-rasm).



*47-rasm.*

Toshlarning orasiga gazetadan qilingan tasmaning bir uchini kiritib, ikkinchi uchini shtativga maxkamlab qo'yamiz. Ipnning ikkinchi uchini bo'shatib yukni sekin-asta pastga tushira borsak gazeta tasma yirtilib uziladi. Bu toshlar orasida qog'oz maxkam qisilib turishini ko'rsatadi. Toshlar orasiga yana gazeta tasmasini kiritib, ipning ikkinchi uchini qo'yib yuborsak toshlar erkin tusha boshlaydi. Bu vaqtda ularning orasidagi gazeta yirtilmay chiqib ketadi. Bundan ko'ramizki toshlar erkin tushayotganda vaznsiz xolatga o'tadilar. Albatta bu yerda havoning qarshiligi xam bor, lekin u juda kichik bo'lgani uchun (tezlik kichik) uni e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Agar jism tezligi katta bo'lsa havoning qarshiligi vaznsizlikka ma'lum darajada ta'sir qiladi.

Shundan keyin kosmik kemalardagi vaznsiz xolatga xam qisqacha to'xtalib o'tamiz. Raketa kemani orbitaga chiqarib undan uzilgandan keyin kema aylana orbita bo'ylab erkin harakat qiladi. Bu vaqtda kema va uning ichidagi narsalar bir xilda markazga intilma tezlanish oladi. Kemaning og'irligi Yerning tortish (og'irlik) kuchidan markazdan qochma kuchni ayirilganiga teng bo'ladi. Bu lfitni erkin tushish tezlanishi bilan tushishidagiga o'xshaydi.

$$(P=m(g-a)=m(g-\frac{\vartheta^2}{R})=m\left(10-\frac{64\cdot 10^6\cdot M^2/c^2}{64\cdot 10^5\cdot M}\right)=m(10-10)=0$$

(Bu yerda  $\vartheta=8\text{km/s}$  deb oldik. U birinchi kosmik tezlik. Uni keyingi mavzuda ko'ramiz).

Demak, kema aylana bo'ylab erkin harakat qilganda vaznsiz holatda bo'ladi.

O'quvchilarga o'ta yuklanish haqida tushuncha berishda u gravitatsion bo'lmagan kuchlar hisobiga sodir bo'lishini aytib o'tmoq lozim. Jismga og'irlik kuchidan tashqari tayanchning elastiklik kuchi ta'sir qilib, unga ortiqcha yuklanish beradi.

Agar lift tekis harakat qilib ko'tarilsa  $a=0$  va  $P=m(g+0)=mg$

bo'lib  $\frac{P}{mg}=1$  (o'ta yuklanish 1 ga teng) bo'ladi. Agar lift

$a=2g$ ;  $3g$  kabi tezlanishlar bilan harakat qilsa, jism og'irligi  $P=2mg$ ;  $3mg$ ;... kabi bo'lib, o'ta yuklanish jism og'irligidan 2, 3, ... marta katta bo'lib ketadi:

$$\frac{P}{mg} = \frac{2mg}{mg} = 2; \quad \frac{P}{mg} = \frac{3mg}{mg} = 3;$$

Bunday hol kosmik kemani raketa yuqoriga olib chiqib ketayotganda ham bo'ladi. Reaktiv dvigatel ishlayotganda kemaga gravitatsion bo'lmagan reaktiv kuch ta'sir qiladi. Kema tezlanish olib, uning orqa (pastki) devori kosmonavtga va boshqa jismlarga bosim beradi, natijada jismlar polga siqiladi. Agar tezlanish  $a=g$ ;  $2g$ ;  $3g$  kosmonavtga va jismlarga 1,2,3... marta katta kuch ta'sir qiladi, ya'ni yuklanish beradi. Kosmonavt  $a=10g$  gacha tezlanishli xarakatga (og'irligi  $10mg$  bo'lguncha) chidaydi.

Agar jism pastga tezlanish bilan tushsa uning og'irligi kamayadi ( $p=m(g-a)$ ). Kema pastga tushayotganda tormozlovchi dvigatelning reaktiv kuchi va havoning qarshiligi uning harakatini sekinlashtiradi. Og'irlik kuchi ta'siridagi xarakatidan xam sekinlashganda vaznsizlik xolatidan "vaznlik" xolatiga o'tadi.

Oxirida jismlar do'nglikdan va botiklikdan o'tayotganlarida ham og'irliklarini ortishi va kamayishini ko'rsatib o'tamiz.

Jism do'nglikdan o'tayotganda og'irlik kuchi pastga markazdan qochma kuch yuqoriga yo'nalgan bo'ladi. U holda

$$P = m(g - a_m) = m\left(g - \frac{\vartheta^2}{R}\right); R\text{-do'nglikning egrilik radiusi.}$$

Jism botiqlikdan o'tayotganda og'irlik kuchi va markazdan qochma kuch pastga (Erga) yo'nalgan bo'ladi.

$$U\text{ holda } P = m\left(g + \frac{\vartheta^2}{R}\right)\text{ bo'ladi.}$$

Quyidagi kabi masalalardan yechib ko'rsatamiz.

1. Masala. Yerni radiusi 6400 km bo'lgan shar deb hisoblab 1 kg massali jismning ekvatorida og'irligi qancha bo'lishini aniqlang.

Yechish. Jismning og'irlik kuchi radius bo'ylab Yer markaziga yo'naladi. Yerning aylanishi tufayli jismga markazdan qochma kuch ta'sir qiladi. Bundan ko'ramizki, jism og'irligi og'irlik kuchidan markazdan qochma kuchni ayrilganiga teng bo'ladi.

$$P = mg - \frac{m\vartheta^2}{R}$$

Bu y  $\vartheta$  la  $V = \omega R$  va  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  ekanini e'tiborga olsak

$$P = mg - \frac{m\omega^2 R^2}{R} = m \left[ g - \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 R \right]$$

2. Masala. Ekvatorida quriladigan minoraning balandligi qanday bo'lganda uning eng tepasidagi jism vaznsiz xolatda bo'ladi. (Shunday minorani ko'rish mumkin deb hisoblaymiz). Yerning radiusini 6400 km, aylanish davrini 24 soat deb olinsin.

Yechish. Jismning h balandlikdagi og'irlik kuchi  $F = mg^1$ ;  $g^1$

$$\text{jismning h balandlikdagi tezlanishi : } g^1 = G \frac{M}{(R + h)^2}$$

Jismning Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi

$$g = G \frac{m}{(R+h)^2}$$

Bularning nisbatini olsak  $g^1 : g = \frac{R^2}{(R+h)^2}$  yoki

$$g^1 = \frac{R^2}{(R+h)^2} g$$

Buni e'tiborga olsak

$$F = mg^1 = mg \frac{R^2}{(R+h)^2};$$

Jismga og'irlik kuchiga qarshi yo'nalgan markazdan qochma  $F_M = m\omega^2(R+h)$

$$\left[ F_M = m \frac{g^2}{(R+h)} = m \frac{\omega^2(R+h)^2}{R+h} = m\omega^2(R+h) \right] \text{ kuch}$$

ta'sir qiladi. Jism vaznsiz bo'lishi uchun bu kuchlar teng bo'lishi kerak, ya'ni ( $F = F_M$ ),

$$m\omega^2(R+h) = mg \frac{R^2}{(R+h)^2}; \text{ bundan } (R+h)^3 = \frac{R^2 g}{\omega^2};$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

ekanini e'tiborga olsak,

$$(R+h)^3 = \frac{R^2 g T^2}{2\pi^2}; \text{ bundan } h = \sqrt[3]{\frac{R^2 g T^2}{4\pi^2}} - R \text{ bunda}$$

$$T = (24 \cdot 3600) = 86400 \text{ s.dir}$$

Son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:  $h = 6800 \text{ km}$ .

## 24-§. YERNING SUN'IY YO'LDOSHLARI. BIRINCHI VA IKKINCHI KOSMIK TEZLIKLAR

O'quvchilarga jismni gorizontal yo'nalishda ma'lum bir tezlik bilan otsak u parabola bo'ylab harakat qilib Yerga tushishini laboratoriya ishini bajarishda ko'rib chiqqanlarini aytib, ular oldiga shunday savolni qo'yamiz: jismni gorizontal yo'nalishda qanday tezlik bilan otilsa u Yer atrofida aylanib yuradi, ya'ni sun'iy yo'ldosh bo'lib qoladi?

O'quvchilar bilan suxbat orqali quyidagilarni xal qilamiz: Jism Yer atrofida ma'lum bir aylana bo'ylab harakat qilishi uchun Yerning tortish (og'irlik) kuchi bilan markazdan qochma kuchlar teng bo'lishi, ya'ni  $P=F_m$  bo'lishi lozim.

$$P=mg; \quad F_m=m \frac{g^2}{(R+h)} \text{ ekanini} \quad \text{e'tiborga} \quad \text{olsak}$$

$$mg=m \frac{g^2}{(R+h)} \text{ bundan } g = \sqrt{g(R+h)} \text{ R-Erning radiusi.}$$

Bundan ko'ramizki, jism Yerdan  $h$  balandlikda aylana orbitada harakat qilishi uchun  $g = \sqrt{g(R+h)}$  tezlikka ega bo'lishi lozim. Bu tezlikni birinchi kosmik tezlik deb yuritiladi. Jism Yer sirtiga yaqin masofalardagi orbita bo'ylab harakat qilganda  $h \ll R$  bo'lib,  $h$  ni e'tiborga olmasak ham bo'ladi. U holda birinchi kosmik tezlik

$$g = \sqrt{gR} = \sqrt{9,8 \frac{M}{c^2} \cdot 637 \cdot 10^4 M} = 7,9 \frac{KM}{c}$$

Erdan  $h=300$  km balandlikdagi aylana orbita bo'ylab harakat qilayotgan sun'iy yo'ldoshning birinchi kosmik tezligi:  $g = \sqrt{g_h(R+h)}$   $g_h$ -jismni  $h$  balandlikdagi erkin

tushish tezlanishi:  $g_h = G \frac{M}{(R+h)^2}$  dan  $g_h \approx 8,9 \text{ km/s}^2$  kelib

chiqadi.  $M$ -Yerning massasi,  $R$ -radiusi.

$$g = \sqrt{8,9 \frac{M}{c^2} (637 \cdot 10^4 + 30 \cdot 10^4) M} = 7,73 \text{ km/s}$$

Shundan keyin o'quvchilarga Yerning sun'iy yo'ldoshlarini uchirish uchun uni raketa yordamida atmosferaning yuqori qatlamlariga chiqarib, kerakli balandlikka yetkazib, yo'ldoshning tezligi birinchi kosmik tezlikka yetkazilishini, bu vaqtda u aylana orbita bo'ylab harakat qilishini, tezlik vektori orbita radiusiga perpendikulyar bo'lishini uqdirib o'tamiz.

Jism birinchi kosmik tezlik bilan uchirilganda u Yerning ta'sir doirasidan chiqib keta olmaydi. Yerning ta'sir doirasidan chiqib ketishi uchun unga yanada katta tezlik (energiya) berish lozim. Bu tezlikni ikkinchi kosmik tezlik deb yuritilishini aytib, uni aniqlash yo'lini tushuntiramiz.

Aytaylik jism Yer sirtidan  $\vartheta_0$  tezlik bilan vertikal (tik) ravishda yuqoriga otilgan bo'lsin. uning energiyasi og'irlik kuchini yengib, yerning ta'sir doirasidan chiqishi uchun  $h$  balandlikka ko'tarilishi lozim. Bu balandlik juda katta bo'lib uni  $h=\infty$  deb qarashimiz mumkin.

Jism Yer sirtidan  $h$  balandlikka chiqqan vaqtdagi energiyaning saqlanish qonuniga asosan kinetik energiyasining o'zgarishi potentsial energiyasining o'zgarishiga teng bo'ladi (bu o'zgarish og'irlik kuchining qarshiligini yengish uchun bajarilgan ishga teng bo'ladi, ish esa Yerning radiusi bo'ylab bajarilgan ishdan iboratdir, yo'lga bog'liq emas), ya'ni

$$\frac{m\vartheta^2}{2} - \frac{m\vartheta^0}{2} = \gamma \frac{mM}{h} - \gamma \frac{mM}{R_{ep}} = A \quad (\gamma - \text{gravitatsion})$$

doimiy )

Jism  $h$  balandlikka chiqquncha uning tezligi kamayib, kinetik energiyasi juda kichrayib nolga aylanadi, ya'ni  $V=0$  deyish mumkin.

Jismning Yer doirasidan chiqqan paytidagi potentsial energiyasi nolga teng bo'ladi:  $h=\infty$  da

$$E_p = \gamma \frac{mM}{H} = \gamma \frac{mM}{\infty} = 0$$

Bularni e'tiborga olsak energiyaning saqlanish qonuni quyidagi ko'rinishga keladi.

$$-\frac{m \mathcal{G}_o^2}{2} = -\gamma \frac{mM}{R}; \text{ yoki } \frac{\mathcal{G}_o^2}{2} = \gamma \frac{M}{R_{er}} \cdot \frac{R_{er}}{R_{er}} = \gamma \frac{M}{R_{er}} R_{er} = gR_{er}$$

$$\text{bundan } \mathcal{G}_o^2 = 2gR_{er}; \mathcal{G}_o = \sqrt{2gR_{er}}$$

Bu ikkinchi kosmik tezlikni aniqlash formulasidir. Son qiymatlarini qo'ysak  $\mathcal{G}_o \approx 11,2$  km/s.

Jism yer radiusiga tik otilganda ham shu natija olinadi. Bu vaqtda  $\mathcal{G}$ -ortib borsa elliptik orbita cho'zilib boradi va parabolik orbitaga aylanib, yer ta'siridan chiqib ketadi. Bu vaqtdagi kinetik energiya jismning og'irlik kuchini yengishdagi bajarilgan ishga teng bo'ladi, yoki potentsial energiyaning o'zgarishiga teng bo'ladi, ya'ni  $m \mathcal{G}^2/2 = \gamma mM/R$  (Er ta'siridan chetdagi potentsial energiya nolga teng bo'ladi).

Bundan  $\mathcal{G} = \sqrt{2gR}$  kelib chiqadi.

Er sirtidan yo'ldosh 2-kosmik tezlik bilan uchirilsa, u tortish maydonidan chiqib ketadi. Agar yo'ldosh yuqorida uchib yurgan kosmik kemadan uchirilsa, uni ancha kichik tezlik bilan uchiriladi, chunki korabl ham ma'lum tezlikka ega. Har ikki holda ham jism parabolik orbita bo'ylab yerdan uzoqlashadi.

Erning ta'sir doirasi  $146R_{er}$  ga tengdir. 2-kosmik tezlik bilan uchirilgan kema yerning ta'sir doirasidan chiqib, Quyoshning ta'sir doirasiga o'tadi va hech ham qaytib kelmaydi. Sputniklarni kosmik kemalardan uchirish maqsadga muvofiqdir. 1962 yil 12-fevralda Venera tomonga avtomatik stantsiya kosmik kemadan uchirilgan. Yerning tortish doirasidan chiqqan sputniklar Quyosh sanoq sistemasida o'rganiladi. Ular Quyosh atrofida planetalar kabi harakatlanadi.

O'quvchilarga bu ma'lumotlarni berganimizdan keyin jism Quyosh doirasidan chiqib ketishi uchun uchinchi kosmik tezlik bilan uchirish lozimligini, bu tezlik jism yerning quyosh atrofida aylanish yo'nalishida uchirilsa 16,7km/s bo'lishini, qarama-qarshi yo'nalishda otilsa u 72,7 km/s bo'lishini aytib o'tamiz.



1961 yil 12-aprelda “Vostok” kemasida birinchi boʻlib inson kosmosga chiqib, Yerni bir marta aylanib tushdi. U inson Yu.A.Gagarin edi. Shundan boshlab har yili 12-aprel kosmonavtika kuni sifatida nishonlanadi.

## 25-§. GALILEYNING NISBIYLIK PRINTSIPI

Oʻquvchilarga hozirgacha sanoq sistemasini Yerga berkitilgan va qoʻzgʻalmas deb qarab kelganimizni, agar u harakatdagi jismga berkitilgan boʻlsa bunda ham dinamika qonunlari toʻgʻri boʻladimi, degan savolni berib, uni bir misol yordamida koʻrib chiqamiz.

Aytaylik, kema qirgʻoqqa nisbatan toʻgʻri chiziqli tekis harakat qilayotgan boʻlsin. Kemaga berkitilgan sanoq sistemasini harakatdagi sanoq sistemasi, Yerga (qirgʻoqqa) berkitilgan sanoq sistemasini tinch yoki asosiy sanoq sistemasida vaqtni bir hilda oʻtayotganligini koʻradilar, yaʼni inertsiyal sanoq sistemalarida vaqt bir xil boʻladi.

Harakatdagi sanoq sistemasida (kemada) jism kemandagi harakat yoʻnalishida harakat qilayotgan boʻlsin. undagi kuzatuvchiga nisbatan jism  $\mathcal{G}^1$  tezlik bilan harakat qilsin. Kemandagi, yaʼni harakatdagi sanoq sistemasining asosiy (tinch) sanoq sistemasiga nisbatan harakat tezligini  $U$  desak, u xolda jismning tinch sanoq sistemasiga nisbatan tezligi

$\vec{\mathcal{G}} = \vec{u} + \vec{\mathcal{G}}^1$  boʻlishini misollar asosida tushuntiramiz.

(oʻquvchilar tezliklarni qoʻshish bilan kinematikada xam tanishganlar). Tezliklarni qoʻshishni vektor koʻrinishda yozsak  $\mathcal{G} = U + \mathcal{G}^1$

Kemadagi (harakatdagi sistemadagi) kuzatuvchi  $t^1$  vaqt ichida jism  $\vec{S} = \vec{\mathcal{G}} t$  masofani bosib oʻtishini aniqlasa tinch sistemada (Erda) gi kuzatuvchi jismni  $\vec{S} = \vec{\mathcal{G}} t = (\vec{\mathcal{G}} + \vec{U}) \cdot t$  masofani bosib oʻtganini aniqlaydi.

Demak,  $t = t^1$ ;  $\vec{\mathcal{G}} = \vec{U} + \vec{\mathcal{G}}^1$ ;  $\vec{U} = (\vec{\mathcal{G}} + \vec{U}) \cdot t = \vec{\mathcal{G}} t + \vec{U} t = \vec{S} + \vec{U} t$

Bu munosabatlarni Galiley almashtirishlari deyiladi.

Bulardan ko'ramizki, tezlik va ko'chish harakatni o'rganilayotgan sanoq sistemasiga bog'liq bo'lar ekan.

O'quvchilarga jism massasi kichik tezliklarda hamma inertsial sanoq sistemalarida bir xil bo'lishini, uni ko'plab tajribalarda isbot qilinganini uqdirib o'tamiz. Keyin kemada jism boshqa jism bilan o'zaro ta'sirlashib tezlanish olsa bu tezlanish harakatdagi va tinch sanoq sistemalarida qanday qiymatlarga ega bo'lishini ko'rib chiqamiz.

Kemaga nisbatan jism tezlanishi  $a^1 = \frac{g^1 - g_o^1}{t^1}$ . Yerga

nisbatan tezlanishi  $a = \frac{g - g_o}{t}$  bu yerda  $g = g^1 + U$ ;

$g_o = g_o^1 + U$  va  $t = t^1$  ekanini e'tiborga olsak:

$$a = \frac{g^1 + U - (g_o^1 + U)}{t^1} = \frac{g^1 + U - g_o^1 - U}{t^1} = \frac{g^1 - g_o^1}{t^1} = a^1$$

Demak, tezlanish har ikkala sanoq sistemasida bir xil bo'ladi, ya'ni  $a = a^1$

Bundan ko'ramizki, tezlanish moduli barcha barcha inertsial sanoq sistemalarida bir xil bo'ladi (o'zgarmaydi).

$F = ma$  da  $m$  va  $a$  barcha inertsial sanoq sistemalarida bir xil bo'lgani uchun kuch ham bir xil bo'ladi.

Demak, Nyuton qonunlari bir-biriga nisbatan tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan (inertsial) sanoq sistemalarida bir xilda ta'riflanadi va bir xil formaga ega bo'ladi. Xamma-inertsial sanoq sistemalari teng xuquqlidir.

Inertsial sanoq sistema ichida turib hech qanday mexanik tajriba yordamida bu sistemaning tinch yoki to'g'ri chiziqli harakat qilayotganini aniqlab bo'lmaydi.

A.Eynshteyn buni umumlashtirdi. U umuman hech qanday fizik (optik, elektr,...) tajriba yordamida inertsial sanoq sistema ichida turib bu sistemaning tezligini aniqlab bo'lmasligini isbotlaganini aytib o'tamiz. Fizikaning asosiy qonunlari xamma inertsial sanoq sistemalarida bir xil

ta'riflanadi. Invariantlik printsipli (o'zgarimaslik) bir sanoq sistemadan ikkinchisiga o'tishda to'g'ri bo'lib, kichik tezliklarda Galiley almashtirishlaridan foydalanamiz.

Shu yerda o'quvchilarga katta tezliklarda Galiley almashtirishlari yaroqsiz bo'lib, boshqa almashtirishlardan foydalanilishini, uni keyinroq ko'rib chiqilishini aytib o'tamiz.

Inertsial sanoq sistemasi yopiq sistemani tashkil etuvchi jismlar to'plamidan iborat bo'lib, bunga nisbatan berilgan jism harakatini o'rganilishini, berilgan jism bilan sanoq sistemasining o'zaro ta'siri sistemaning harakat holatini o'zgartirmasligini yoki umuman o'zaro ta'sir etmasligi lozimligini, aks holda sistema harakati o'zgarishini va u inertsial bo'lmay qolishini tushuntirib ketish ham maqsadga muvofiqdir. Masalan, kema (poyezd) ichida harakat qilayotgan jismlar uchun to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan kema (poyezd) inertsial sistema bo'ladi, chunki ular orasidagi o'zaro ta'sirlari deyarli nolga teng bo'ladi.

### 3-BOB. MEXANIKADA SAQLANISH QONUNLARINI O'QITISH USLUBI

#### 26-§. JISM IMPULSI. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI

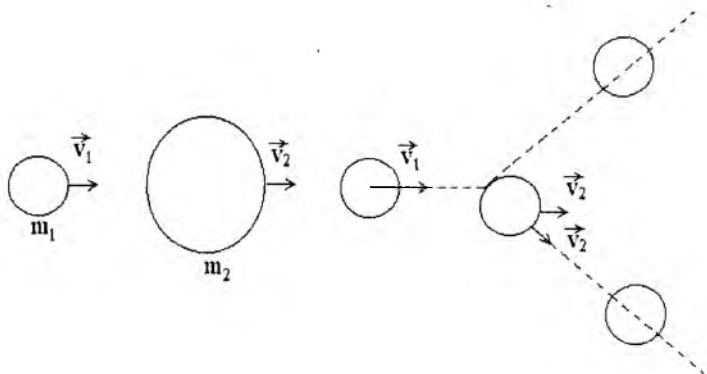
Jism impulsini, impulsning saqlanish qonunini o'rganish jarayonida qator yangi tushunchalar kiritiladi: Mexanik sistema, berk mexanik sistema, tashqi va ichki kuchlar,... Bularni o'quvchilar yaxshi o'zlashtirishlari lozim, chunki ular butun bo'limni o'rganishda muximdir.

Avval, Nyutonning 2-qonunidan foydalanib jism impulsini, kuch impulsini tushunchalarini beramiz ( $F=ma=m \frac{g - g_0}{t}$ ;

$Ft=m g - m g_0$ ; Ft-kuch impulsini;  $m g$ -jism impulsini).

Impulsning saqlanish qonunini o'tishda "Berk mexanik sistema" xaqida tushuncha beriladi. Uni ko'rib chiqish vaqtida unda jismlar qanday harakat qiladi, tashqi kuch ta'sir qilayotirmi yoki yo'qmi, bularni o'quvchilarga puxta tushuntirilmog'i lozim: O'rganilayotgan jismlar sistemasiga (mexanik sistemaga) boshqa jismlar ta'sir qilmasa yoki ularning ta'siri (kuchlar) o'zaro kompensatsiyalashgan bo'lsa bu jismlar sistemasini berk mexanik sistema deb yuritiladi.

Berk mexanik sistemani tashkil qiluvchi ikkita jism ( $M_1, M_2$  sharlari) harakatini ko'rib, unga asosan impulsning saqlanish qonunini keltirib chiqaramiz: aytaylik massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan ikkita shar (yoki aravacha) berk sistemada biri  $\vec{g}_1$ , ikkinchisi  $\vec{g}_2$  tezlik bilan harakatlanib, ikkinchisi birinчисini quvib borib urilsin (48-rasm)



48-rasm.

To'qnashishdan keyingi tezliklari  $\vec{g}_1$  va  $\vec{g}_2$  bo'lsin. to'qnashish umumiy holda ma'lum bir burchak ostida bo'lishi, xususiyl xolda markaziy bo'lishi mumkin. Bularni chizmalar yordamida tushuntirib, keyin impulsning saqlanish qonunini keltirib chiqaramiz. SHarlar to'qnashganda

Nyutonning 3-qonuniga ko'ra  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ ; ikkinchi qonuniga

ko'ra  $m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$ ;  $\vec{a}_1 = \frac{\vec{g}_1^i - \vec{g}_1}{t}$ ;  $\vec{a}_2 = \frac{\vec{g}_2^i - \vec{g}_2}{t}$  ekanini

e'tiborga olsak  $m_1 \frac{\vec{g}_1^i - \vec{g}_1}{t} = -m_2 \frac{\vec{g}_2^i - \vec{g}_2}{t}$  bo'ladi. Bundan

$$m_1 \vec{g}_1^i - m_1 \vec{g}_1 = -m_2 \vec{g}_2^i + m_2 \vec{g}_2 \quad \text{yoki}$$

$m_1 \vec{g}_1^i + m_2 \vec{g}_2^i = m_1 \vec{g}_1 + m_2 \vec{g}_2$ . Bunga asosan qonunni ta'riflaymiz: Berk sistemada jismlarning xar qanday o'zaro ta'siri (ichki kuchlar) bo'lganda xam ularning impulslarini geometrik yig'indisi o'zgarishsiz qoladi (o'zgarmaydi).

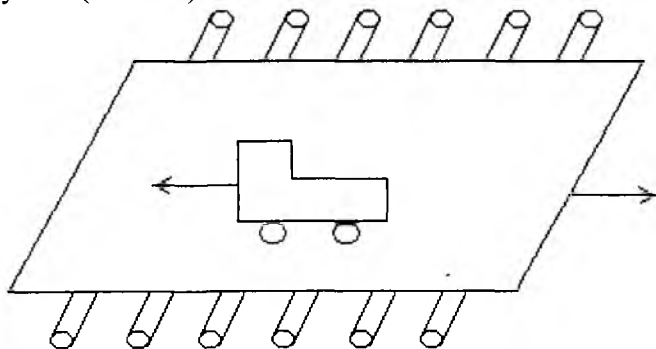
Shundan keyin to'qnashuv ixtiyoriyl bo'lganda qonun o'z kuchini saqlanishini, yig'indi impuls berk sistemadagi o'zaro

ta'sir qiluvchi jismlar orasida qayta taqsimlanishini uqdirib o'tamiz.

Qonun albatta tajriba va misollar orqali tushuntirilishi lozim. Buning uchun aravachalarni, sharlarni to'qnashishlaridan foydalaniladi. Osonlik uchun aravachalarning biriga plastilin yopishtirilsa, ikkinchisi kelib urilganda yopishib qolib birgalikda harakat qiladi.

Quyidagi tajriba ham berk sistemada ichki kuchlar jismlarning umumiy yig'indi impulsini o'zgartira olmasligini yaxshi tasvirlab beradi.

Bir xil diametrli to'rtta yengil (karton) trubalarni stol ustiga qo'yib, ularning ustiga uzunligi 0,8 m bo'lgan qattiq kartonni qo'yamiz (49-rasm).



49-rasm.

O'zi yurar o'yinchoq mashinaning kalitini burab yurgizamiz va karton ustiga qo'yamiz. Mashina bir tomonga yursa karton unga qarshi tomonga yuradi. Ixtiyoriy paytda "mashina va taglik (karton)" sistemasining yig'indi impulsini nolga teng bo'ladi.

Endi harakat miqdorining saqlanish qonuniga bir necha misollar ko'rib chiqaylik.

1. Arava ustida odam turgan bo'lsin. G'ildirak va rel'slarni silliq qilib ishqalanish kuchini e'tiborga olmaslik darajada kamaytiramiz. Og'irlik kuchiga qarshi rel'sni deformatsiyasi reaksiya kuchini hosil qiladi. Ularning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'ladi. Og'irlik, reaksiya va ishqalanish kuchlari

tashqi kuchlar bo'lib, ular arava harakatiga ta'sir qilmaydi deb qarash mumkin. Bu vaqtda odam va arava yopiq sistemani hosil qiladi. Odam chap tomonga  $\vec{g}_1$  tezlik bilan tushishi uchun oyoqlarini muskullari deformatsiyalanadi, natijada aravaga ta'sir qiladi. Arava ham deformatsiyalanib odamga qarshi yo'nalishda ta'sir qiladi. Odam  $\vec{g}_1$  tezlik bilan, aravacha  $\vec{g}_2$  tezlik bilan qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladi. Odam arava ustida tinch turganda yopiq sistemaning umumiy impulsi nol bo'ladi. Harakat qilganlarida ham sistemaning umumiy impulsi saqlanish qonuniga ko'ra nolga teng bo'ladi, ya'ni (yo'nalishini hisobga olgan xolda modulini yozamiz):

$$m_1 g_1 - m_2 g_2 = 0$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{g_2}{g_1} \text{ yoki } g_2 = \frac{m_1}{m_2} g_1$$

Bundan ko'ramizki, tezlikni aniqlash ancha osondir. Dinamika qonunlari bilan tezlikni topish uchun kuchni qo'yilish nuqtasini, uni vaqtda o'zgarishini bilish talab etiladi.

2. Odam  $\vec{g}_1$  tezlik bilan arava ustiga chiqsa arava bilan birgalikda harakat qilib ketadi. Bu vaqtda impulsni saqlanish qonuni quyidagicha yoziladi:

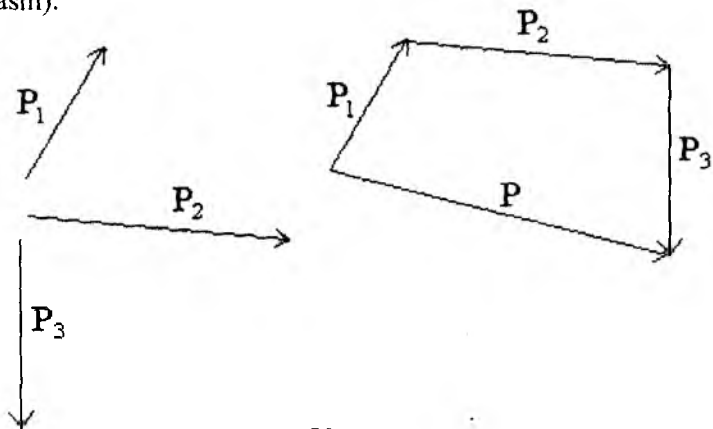
$$m_1 g_1 = (m_1 + m_2) \cdot g_2$$

3. Odam va arava bir-biriga qarab harakat qilsa va odam arava ustiga chiqib olsa:

$$m_1 g_1 - m_2 g_2 = (m_1 + m_2) \cdot g$$

4. Tinch turgan aravaga turli burchak ostida odam  $\vec{g}_1$  tezlik bilan turli burchak ostida kelib chiqsa arava tezligi turlicha bo'ladi ( $\cos 0^\circ = 1, \cos 45^\circ = \sqrt{2}/2, \cos 90^\circ = 0$ ). Odam aravaning harakat yo'nalishiga tik holda kelsa uning tezligi o'zgarmaydi. Bu misol jism impulsi vektor harakterga ega ekanini tasdiqlaydi.

Masalalar yechish davrida ixtiyoriy to'qnashishga oid masalalar ko'rsatib ketish maqsadga muvofiqdir. Masalan, granata mo'ljalga ma'lum bir tezlikda kelib urilib uchta parchaga ajralib ketdi. Parchalarning impulslari ma'lum bo'lsa granata impulsini topilsin. Bu masalani grafik (vektor yig) ravishda yechib ko'rsatish maqsadga muvofiqdir (50-rasm).



50-rasm.

Impulsning saqlanish qonunini reaktiv harakatni ko'rib chiqish bilan yakunlanadi. Raketa uchun impulsning saqlanish qonunini yozib, undan raketa (qobig')ning tezligini nimalarga bog'liq bo'lishini ko'rsatamiz.

Aytaylik, raketa tinch turgan bo'lsin. Raketa va undagi yonilg'i sistemasining umumiy impulsi  $O$  ga teng bo'ladi, chunki u yopiq sistemani tashkil qiladi. Juda qisqa  $\Delta t$  vaqt ichida juda kichik massadagi yonilg'i yong'inda hosil bo'lgan yongan gaz  $\Delta U_{yon}$  tezlik bilan raketa soplosidan chiqqanda raketa qarama-qarshi tomonga harakat qiladi. Uning bu vaqtdagi massasini kamayishi juda kichikdir ( $\Delta m \approx 0$  desak ham bo'ladi). Raketa harakatga kelgandan keyin ham sistemaning umumiy impulsi nolga teng bo'ladi, ya'ni

$$m_p \Theta_p - \Delta m_{yon} \Delta U_{yon} \approx 0 \text{ bundan } \Theta_p = \frac{\Delta m_{yon} \Delta U_{yon}}{m_p}$$



Bundan ko'ramizki, raketaning tezligi yong'in gazning soplodan chiqish tezligiga bog'liq bo'ladi.

$m_p \Delta \mathcal{G}_p = \Delta m_{yon} \Delta U_{yon}$  ni  $\Delta t$  vaqtga bo'lib, quyidagini hosil qilamiz:

$$m_p \frac{\Delta \mathcal{G}_p}{\Delta t} = \Delta m \frac{\Delta U}{\Delta t} = \Delta U \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

Bu yerda  $m_p \frac{\Delta \mathcal{G}_p}{\Delta t} = ma = F$  raketaning tortish kuchidir.

$\frac{\Delta m}{\Delta t}$  - birlik vaqtdagi yonilg'i sarfi.

Raketalarning uchishi va reaktiv dvigatellarning uchish nazariyasining asoschisi K.E.Siolkovskiydir. U suyuq yonilg'i bilan raketalarni uchirish nazariyasini ham berdi.

Reaktiv dvigatellar ikkiga bo'linadi: raketa dvigatellari va havo-reaktiv dvigatellari.

Raketa dvigatellarida qattiq yonilg'i mayda kubikchalar shaklidagi poroxdan iborat, suyuq yonilg'i benzin,...lardan iborat bo'lib, ular yonilg'i kamerasida yonib, katta bosim hosil qiladi va yongan gaz katta tezlik bilan soplodan otilib chiqadi. Natijada u havosiz yerda ham uchaveradi (unda maxsus oksidlovchi bo'ladi).

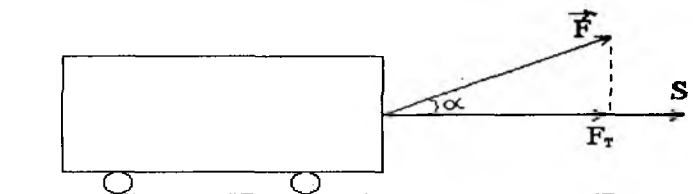
Havo-reaktiv dvigatelda diffuzori orqali havo yonish kamerasiga kirib, aralashadi. Aralashma yonib, yongan gaz soplodan katta tezlik bilan chiqib, reaktiv harakatni hosil qiladi.

## 27-§. MEXANIK ISH VA QUVVAT.

Mexanik ishni quyidagicha bosqichlarda o'rganish maqsadga muvofiqdir.

1-bosqich: Maktabda o'tilgan ish va uning birligi haqidagi o'quvchilar bilimni takrorlash,  $A=FS$ ;  $F$ -o'zgarmas kuch  $S$ -kuch yo'nalishidagi ko'chish.  $l_j = |n \cdot m$

2-bosqich: Mexanik ish haqidagi bilimni kengaytirish va ishning umumiy ta'rifini berish (51-rasm).



51-rasm.

$A=F_T S$ ;  $F_T=F\cos\alpha$ ; o'zgaras kuchning bajargan ishi kuch va ko'chish modullarining ko'paytmasini kuch va ko'chish vektorlari orasidagi burchak kosinusiga ko'paytirilganiga teng. Ish birligini ta'riflaymiz:

Ishning umumiy ta'rifi berilgandan keyin uning xususiy xollarini ( $\alpha=90^\circ$ ;  $\alpha<90^\circ$ ;  $\alpha>90^\circ$ ;  $\alpha=180^\circ$ ) ko'rib ish musbat, manfiy va nolga teng bo'lishini tushuntiramiz.

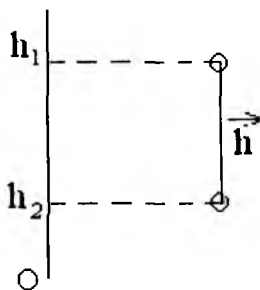
3-bosqich: Mexanikadagi hamma kuchlarning bajargan ishlarini hisoblash formulalarini keltirib chiqaramiz.

a) Og'irlik kuchining bajargan ishi:

Jism erkin tushayotganda og'irlik kuchi bilan ko'chishi bir tomonga yo'nalgani uchun  $\alpha=0^\circ$  va  $\cos 0^\circ=1$  bo'ladi (52-rasm). Bu vaqtda og'irlik kuchining bajargan ishi

$$A=mg(h_1-h_2) \text{ yoki } A=mgh$$

Bu yerda  $h=|h_1-h_2|=h_1-h_2$  ko'chish modulidir (52-rasm).

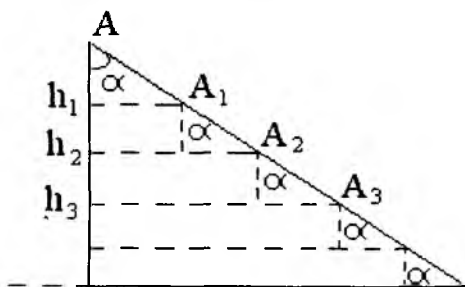


52-rasm.

Shundan keyin jismni bir balandlikdan ikkinchisiga ko'chirishda og'irlik kuchining bajargan ishi traektoriyaning tanlanishiga bog'liq emasligini ko'rsatamiz.

Buning uchun jismni qiya tekislik bo'ylab ko'chirishdagi og'irlik ko'chini bajargan ishini ko'rib chiqamiz. Qiya tekislikni juda kichik  $A$   $A_1$ ;  $A_1A_2$ ;  $A_2A_3$ , ... qismlarga bo'lamiz. Og'irlik kuchining har bir bo'lak qiya tekisliklarda bajargan ishi  $A_1=mgh_1$ ;  $A_2=mgh_2$ ;  $A_3=mgh_3$ ; ... ( $A=FS \cos\alpha$ ;  $S\cos\alpha=h$ ; demak  $A=Fh=mgh$ ), chunki gorizonttal yo'nalishda og'irlik kuchining bajargan ishi nolga teng bo'ladi ( $\alpha=90^\circ$  bo'lsa  $\cos 90^\circ=0$ ;  $A=FS\cos 90^\circ=0$ ).

Butun yo'ldagi to'liq ishni topish uchun bu ishlarning hammasini qo'shib chiqamiz (53-rasm).



53-rasm.

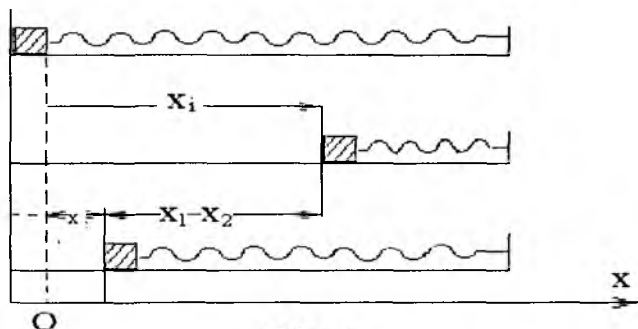
$A=A_1+A_2+A_3+\dots=mgh_1+mgh_2+\dots=mg(h_1+h_2+h_3+\dots)=mgh$   
bu yerda  $h=h_1+h_2+h_3+\dots$  dan iboratdir.

Demak, og'irlik kuchining ishi jism harakatining trayektoriyasiga bog'liq emas, balki hamma vaqt og'irlik kuchi moduli bilan jismning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlaridagi balandliklari ayirmasining ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Agar jism yuqoriga ko'tarilgandan keyin dastlabki nuqtaga qaytib kelsa jisning bunday yopiq yo'ldagi ishi nolga teng bo'ladi. Demak, og'irlik kuchining yopiq trayektoriyadagi ishi nolga teng bo'ladi.

b) Elastiklik kuchining ishi: bir prujina olib uning bir uchini maxkamlab qo'yamiz. Ikkinchi uchiga biror jismni biriktirib, uni qo'l bilan  $X$  masofaga surib prujinani siqsak unda

elastiklik kuchi paydo bo'ladi. bu kuchning  $X$  o'qidagi proektsiyasi (54-rasm).



54-rasm.

$(F_{el})_x = -kX_1$  bu yerda  $k$ -prujinaning bikrligi. Endi prujinani o'z xoliga qo'yamiz. U yukni elastiklik kuchi ta'sirida avvalgi xolati tomon surib ish bajaradi. Prujina uchi  $V$  vaziyatga kelguncha elastiklik kuchining bajargan ishi  $A = F_{el.o'n}(X_1 - X_2)$ . Jism harakat qilayotganda nuqtadan-nuqtaga o'tganda elastiklik kuchi o'zgaradi.  $A$  nuqtada bu kuchning moduli  $kX_1$  bo'lsa  $V$  nuqtada  $kX_2$  ga teng bo'ladi. Shuning uchun elastiklik kuchining ishini hisoblashda uning modulining o'rtacha qiymati olinadi:

$$F_{el.o'n} = \frac{kX_1 + kX_2}{2} = k \frac{X_1 + X_2}{2};$$

Buni o'rniga qo'ysak

$$A = \frac{k(X_1 + X_2)}{2}(X_1 - X_2) = \frac{k}{2}(X_1^2 - X_2^2) = \frac{kX_1^2}{2} - \frac{kX_2^2}{2}$$

v) Ishqalanish kuchining bajargan ishi: ishqalanish kuchining bajargan ishi  $A = -F L$  bo'lishini quyidagicha misolda ko'rsatish maqsadga muvofiqdir:

Agar jism bir yo'nalishda  $S$  masofaga borib, u yerdan Shu to'g'ri chiziq bo'ylab avvalgi yerga qaytib kelsa uning ko'chishi nolga teng bo'ladi, lekin ishqalanish kuchining bajargan ishi nol bo'lmaydi.

Haqiqatan ham jism ketishida ishqalanish kuchining bajargan ishi

$$A_1 = F_{\text{ish}} \cdot S \cdot \cos 180^\circ = -F_{\text{ish}} S_1;$$

Qaytib kelganda ishqalanish kuchining bajargan ishi

$$A_2 = F_{\text{ish}} \cdot S \cdot \cos 180^\circ = -F_{\text{ish}} S_2;$$

To'la ish jismning borib qaytishidagi ishlarning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$A = A_1 + A_2 = F_{\text{ish}}(S_1 + S_2)$$

Har ikkala holdagi ko'chishlarning modullari bir hil bo'lib ularning yig'indisi bosib o'tilgan yo'lga teng bo'ladi:  $S_1 + S_2 = L$

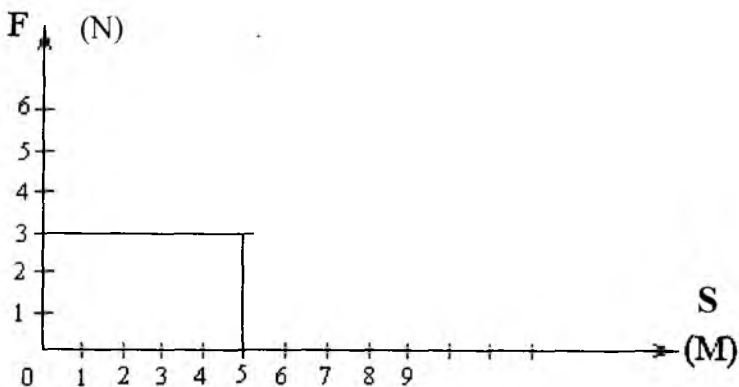
Demak, ishqalanish kuchining to'la ishi  $A = -FL$

g) Ish-nisbiy tushunchadir: harakat nisbiy tushuncha bo'lgani kabi ish ham nisbiy tushunchadir. Buni o'quvchilarga bir necha misollar yordamida tushuntiramiz. Masalan, odam qayiqda oqimga qarshi suzishga qancha harakat qilmasin u qirg'oqqa nisbatan siljita olmadi, bunda odam ish bajaradimi?

Javob: Suvga berkitilgan sanoq sistemasiga nisbatan ish bajariladi, chunki qayiq suvga nisbatan siljiydi. Qirg'oqqa nisbatan qayiq siljimagan uchun ish bajarilmaydi.

Jismga kuch ta'sir qilsa u ko'chadi yoki tezligi o'zgaradi. Bu vaqtda ish bajariladi. Bundan ko'ramizki, ish bajarish orqali jismning mexanik xolati o'zgaradi.

4-bosqich: Ishni grafik ravishda tasvirlash: avval o'zgarmas kuch ta'sirida bajarilgan ishning grafikasini tushuntiramiz (55-rasm).

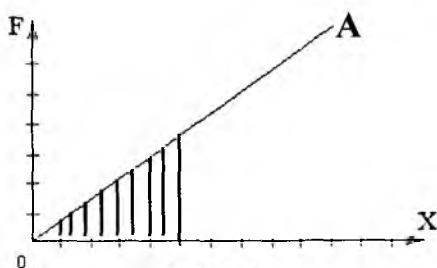


55-rasm.

Grafika OS o'qiga parallel bo'lgan chiziqdan iboratdir. Grafikadan foydalanib jismni biror masofaga ko'chirishda bajarilgan ishni aniqlash mumkinligini misolda ko'rsatamiz. Masalan, 3 n. kuch jismni 5 m masofaga ko'chirishda bajarilgan ishni aniqlash uchun OS o'qdan 5 m ni belgilab, u nuqtadan shu OS o'qqa tik chiziq chiqaramiz. Bu chiziq grafika bilan kesishib to'g'ri to'rt burchak hosil qiladi. Bu to'rt burchakning yuzasini son qiymati bajarilgan ishga teng bo'ladi:

$$A=3n \cdot 5m=15j.$$

O'zgaruvchan kuchning masalan, prujinani cho'zishda bajarilgan ish grafikasini ko'ramiz. Dinamometrni shtativga ilib, uning irmog'iga o'lchov lineykasi biriktirilgan prujina ilamiz va uning ostidan tortib 1sm, 2sm, 3sm... ga chizish uchun qanchadan kuch ketayotganini dinamometrdan aniqlab boramiz. Olingan natijalarni kuch va uzayish o'qlariga qo'yib ishning grafikasini chizamiz u 56-rasmda OA chiziqdan iboratdir.



56-rasm.

Uning osti to'g'ri burchakli uchburchakdan iborat bo'ladi (shtrixlangan yuza). Uning tegishli uzayishiga mos uchburchak yuzasi bajarilgan ishga teng bo'lib, uni yuqoridagi kabi misolda ko'rsatish mumkin (grafika aniq chiziladi).

Bu yerda o'zgaruvchan kuchni boshlang'ich va oxirgi qiymatlarini o'rtachasi olinib, ishni uchburchak yuzini hisoblab kupol xolda topiladi.

O'zgaruvchan kuchning bajarilgan ishini hisoblash uchun ko'chishni (masofani) juda kichik bo'laklarga bo'lib Shu

bo'lakda unga mos kuch o'zgarmaydi deb qarab, har bo'lakdagi ishni hisoblab, uning grafigi qurilishi lozim. U egri chiziqdan iborat bo'lishini va uning juda kichik bo'lakchalarga bo'lib, ularni ostidagi figuralarning (juda kichik to'rtburchaklarning) yuzalarini hisoblab, ularning yig'indisini olish lozimligini aytib o'tamiz.

5-bosqich-quvvat haqidagi o'quvchilar bilimi takrorlanib ( $N=A/t$ ) undan  $N=F \vartheta$  formula keltirib chiqariladi va uning birligini berilib taxlil qilinadi.

Agar bir xil qisqa vaqt oraliqlarida bajarilgan ishlar bir xil bo'lmasa, u holda quvvat vaqt bo'yicha va oniy quvvat tushunchalaridan foydalanilishini aytib, bu tushunchalarni kiritamiz.

$\Delta t$  vaqt davomida bajarilgan ish  $\Delta A$  bo'lsa, u holda o'rtacha quvvat

$$N_{o'r} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Ifodadan, oniy quvvat esa

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{dA}{dt}$$

Ifodadan aniqlanadi.

Bu yerda ham  $d$  ni  $A$  ga va  $dt$  ni  $t$  ko'paytmasi deb tushunmaslik kerak,  $dt$ -juda qisqa vaqtni,  $dA$ -juda kichik

ishni bildiradi,  $\frac{dA}{dt}$ -juda qisqa vaqtda juda qisqa ish

bajarilganligini ko'rsatadi.

Agar jism kuch ta'sirida to'g'ri chizikli tekis harakat qilsa, u holda:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{FS}{t} = F \frac{S}{t} = F \vartheta$$

Tekis tezlanuvchan harakatda  $N_{o'r} = F \vartheta_{o'r}$

Agar jism tezligini ortdirsak, tortish kuchi kamayadi. Mashinalar yuqori tomon harakatlanganlarida tezliklarini kamaytirib, tortish kuchini ortdiradilar.

Quvvat birligi qilib, 1s da 1j ish bajaradigan mexanizmning quvvati qabul qilingan bo'lib u 1Vt deb olingan.

$$1 \text{ Vt} = 1 \text{ j/s}$$

$$1 \text{ kVt} = 1000 \text{ Vt} = 10^3 \text{ Vt}$$

$$1 \text{ mVt} = 10^6 \text{ Vt}$$

$$1 \text{ ot.k.} = 736 \text{ Vt}$$

$$N = \frac{A}{t} \text{ dan } A = Nt$$

$$\text{Bunga ko'ra } 1 \text{ j} = 1 \text{ Vt} \cdot \text{S}; \text{ yoki } 1 \text{ Vt} \cdot \text{S} = 1 \text{ j};$$
$$1 \text{ kVt} \cdot \text{soat} = 1000 \text{ Vt} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ j}$$

Avtomobillarda quvvatning ot kuchi birligidan, elektr hisoblagichlarda kVt-soat birligidan foydalaniladi.

6-bosqich: Mexanizmlarning foydali ish koeffitsienti: O'quvchilarga mashina va mexanizmlarda doim ishqalanish mavjudligini, uni yengish uchun qo'shimcha ish bajarish lozimligini aytib unga misollar keltiramiz. Masalan, avtomobil g'ildiraklari bilan yer orasidagi ishqalanish kuchini yengib harakatga keladi. Lekin bundan tashqari yana uning turli harakatlanuvchi qismlari orasida ham ishqalanish mavjud, uni yengish uchun ham qo'shimcha ish bajarishga to'g'ri keladi. Bundan ko'ramizki, avtomobilning bajaragan ishi ikki qismdan iborat bo'lib, biri uni harakatlantirish ishidan iborat bo'lib, uni foydali ish deb yuritamiz; ikkinchisi qo'shimcha ishdan iboratdir.

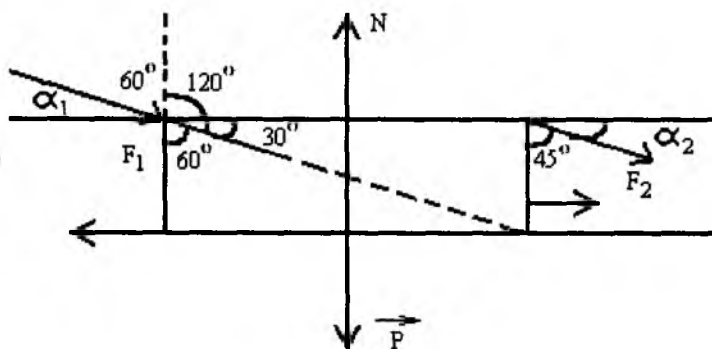
Foydali ishni to'la ishga nisbati mashina va mexanizmlarning foydali ish koeffitsientidan iboratligini aytib, uning formulasini beramiz:

$$\eta = \frac{A_f}{A_{\text{to'la}}} \text{ foizlarda hisoblasak } \eta = \frac{A_f}{A_{\text{to'la}}} 100\%$$

Yuqorida ko'rib o'tilganlarga masalalar ishlab ko'rsatamiz.

1-masala: ikki ishchi og'irligi  $P=300 \text{ N}$  bo'lgan qutini tekis harakatlantirib ketmoqda. Birinchi ishchi quti orqasidan yerga  $\alpha_1=30^\circ$  burchak ostida  $F_1=300 \text{ N}$  kuchi bilan itarib beradi. Ikkinchi odam shunday  $F_2$  ( $F_1=F_2$ ) kuch bilan quti oldidan yerga  $\alpha_2=45^\circ$  burchak ostida tortib bormoqda. Ishchilar qutini  $S=20 \text{ m}$  masofaga sudrab borishda qancha ish bajaradilar? Ishqalanish koeffitsienti qanchaga teng (57-rasm).





57-rasm.

Yechish: Qutiga og'irlik kuchi  $P$ , tayanchning reaksiya kuchi  $N$ , ishqalanish kuchi  $F_{ish}$  va  $F_1$  va  $F_2$  kuchlar ta'sir qiladi. Bu kuchlarning harakat yo'nalishiga proyeksiyalarini topamiz.

$$F_1 \cos \alpha_1 = 300N \cos 30^\circ = 300N \frac{\sqrt{3}}{2} = 260N;$$

$$F_2 \cos \alpha_2 = 300N \cos 45^\circ = 300N \frac{\sqrt{2}}{2} = 210N;$$

$$F_{ish} \cos 180^\circ = -F_{ishq}.$$

$N$  va  $P$  kuchlarning proyeksiyalari nolga teng bo'ladi. U holda

$$A = F_1 S \cos \alpha_1 + F_2 S \cos \alpha_2 = 260N \cdot 20m + 210N \cdot 20m = 9400J.$$

Quti tekis harakat qilib, siljiyotgani uchun ishchilarning ta'sir kuchlarini harakat yo'nalishiga proyeksiyalarini yig'indisi ishqalanish kuchiga teng bo'ladi;

$$F_{ish} = 260N + 210N = 470N$$

$$F_{ish} = kF; k = \frac{F_{ish}}{F_b}$$

Bu yerda  $F_b$ -kuchi tomonidan taglikka ta'sir etayotgan kuchdir. Uni topish uchun qutiga ta'sir qilayotgan hamma kuchlarni vertikal yo'nalishga proyeksiyalarini aniqlaymiz.

$$F_b = P + F_1 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ = 300N + 150N + 210N = 660N$$

$$k = \frac{F_{\text{ishq}}}{F_6} = \frac{470 \text{ N}}{660 \text{ N}} = 0,7$$

2-masala. Kit suv ichida 27km/soat bilan harakatlanganda quvvati 180 ot kuchiga yetadi. Suvning kitga qarshilik kuchini toping.

Yechish.  $A=FS$ ; izlanayotgan kuch  $F=A/S$ ; Bosib o'tilgan yo'l uchun kitni bir soatda bosib o'tgan masofasini olamiz, 27km=27000m (tezligi 27km/soatdan 1 soatda 27 km masofani bosib o'tadi). Bunga asosan ishni bir soatda bajarilgan ishdan iborat deb olamiz.

O'quvchilar o'lchov birliklarini almashtirishda qiynalmasliklari uchun ularni alohida-alohida ko'rsatib boramiz (1 ot kuchi=736Vt).

$$N=736Vt \cdot 180 \text{ ot kuchi} \approx 133000 \text{ Vt}$$

Bu 1 sekundda bajarilgan ishdir. 1 soat=3600c; 1 soatda bajarilgan ish.  $A=Nt=133000 \text{ Vt} \cdot 3600 \text{ S} \approx 479 \text{ MJ}$ .

Suvning kitga qarshilik kuchi

$$F = \frac{A}{S} = \frac{479 \cdot 10^6 \text{ J}}{27000 \text{ m}} = 17740 \text{ N} \quad \text{masalalar to'plamidan}$$

og'irlik kuchini va elastiklik kuchlarini bajargan ishlariga oid bir necha masalalarni ham ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir.

## 28-§. ENERGIYA. KINETIK VA POTENTIAL ENERGIYALAR

a) Energiya haqidagi tushunchani o'rganishda avval o'quvchilarning bu haqdagi bilimlarini takrorlab uni ta'rifini beramiz: energiya jismlarning holatini va bu holatning o'zgarishini harakterlovchi fizik kattalikdir. Jismni bir holatdan ikkinchi holatga o'tkazish uchun albatta ish bajarish kerak bo'ladi. Bunga misollar keltiramiz: jismni yerdan ma'lum balandlikka ko'tarish uchun ish bajariladi. Bu jism Shu balandlikdan tushishda ish bajarishga qodirdir.

Harakatlanayotgan jismlar ham tezliklari bo'lgani tufayli ish bajarishga qodirdirlar: uchib ketayotgan o'q to'siqni teshib o'tadi, shamol va oqib tushayotgan suv parraklarni aylantiradilar; yuqoriga tik otilgan tosh og'irlik kuchiga qarshi ish bajarib ma'lum balandlikka ko'tariladi. Bu vaqtda o'q, shamol, suv va toshning tezligi kamayib boradi.

Deformatsiyalangan jismlar ham ish bajarishga qodirdirlar: siqilgan gaz, mexanik soat fonari ish bajaradilar. Bu va Shunga o'xshash misollarni keltirib, ulardan jismlarning energiyasi ularni turgan holatlariga bog'liq, degan xulosani keltirib chiqaramiz: yukni energiyasi tezligiga, soat fonarining energiyasi qanchalik deformatsiyalanganligiga bog'liqdir. Jismlar bir holatdan ikkinchi holatga ish bajarib o'tadilar yoki ular ustida ish bajarib boshqa holatga o'tkaziladi. Bundan tashqari ish jismlarning holatini o'zgartirish jarayonini, ... energiya esa jismlarning holatini xarakterlashlarini tushuntirib ketamiz.

Jismlarning bir holatdan ikkinchi xolatga o'tkazishda qancha ish bajarilsa jism avvalgi xolatiga qaytishda xuddi o'shancha ish bajarishini aytib, bu ish ikkala xolatda bo'lgan paytdagi jismning energiyalari farqiga teng bo'lishini va demak energiyaning o'lchov birligi ishning o'lchov birligi bilan bir xil bo'lishini tushuntiramiz (buni kinetik va potentsial energiyada ko'rsatamiz).

Shundan keyin jismning xarakatiga (tezligiga) bog'liq bo'lgan energiyaning kinetik energiya, vaziyatiga bog'liq

bo'lgan (o'zaro ta'sir) energiyani potentsial energiya deb atalishini aytib, ularni ko'rib chiqishga o'tamiz.

b) Kinetik energiyaning xisoblash formulasini ish va Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanib keltirib chiqarish qulaydir. Aytaylik  $m$ -massali jismga tezlanish beruvchi  $F$ -kuch ta'sir qilib, uni tekis tezlanuvchan harakat qildirib  $S$  masofaga ko'chirsin. Kuch va ko'chish yo'nalishlari bir xil bo'lsin. Bu vaqtda kuchni bajargan ishi  $A=FS$ ;  $F=ma$  va

$$S = \frac{g^2 - g_0^2}{2a} \text{ ekanini e'tiborga olsak}$$

$$A = ma \frac{g^2 - g_0^2}{2a} = \frac{m g^2 - m g_0^2}{2} = \frac{m g^2}{2} - \frac{m g_0^2}{2}$$

$$A = \frac{m g^2}{2} - \frac{m g_0^2}{2} = E_k - E_{0k}$$

Bundan ixtiyoriy kuchning ishi  $\frac{m g^2}{2}$  kattalikning

o'zgarishiga teng bo'lishi, uni kinetik energiya ( $E_k$ ) deb yuritilishini aytib, undan ish bilan energiyaning o'lchov birliklari bir xil bo'lishini ko'rsatamiz.

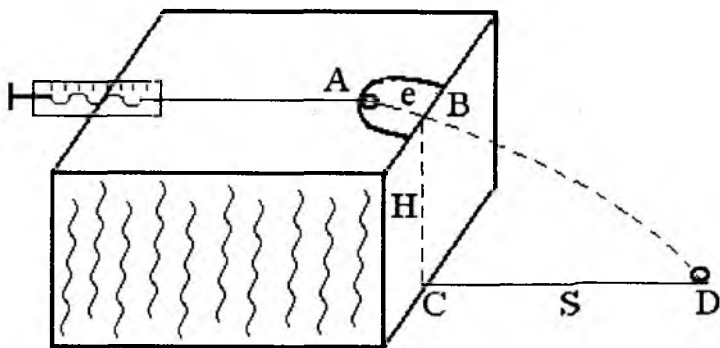
$$[A] = \left[ \frac{m g^2}{2} \right] = \kappa^2 \cdot \frac{M^2}{c^2} = \frac{\kappa^2 \cdot M}{c^2} \cdot m = N \cdot m = J$$

Agar kuchning ishi musbat bo'lsa ( $A > 0$ ) kinetik energiya ortadi, manfiy bo'lsa kamayadi ( $A < 0$ ;  $E < 0$ ) jismlar sistemasining kinetik energiyasi bu sistemadagi jismlarning kinetik energiyalarini yig'indisiga teng bo'ladi. Kinetik energiyaning kattaligi, ish kabi sanoq sistemasining tanlanishiga bog'liqligini misollar yordamida tushuntiramiz.

Kinetik energiya haqiqatan xam  $m g^2/2$  bilan hisoblanishini tajribada ham ko'rsatib o'tamiz (58-rasm).

Demonstratsion stol qirrasining ikki yeriga mixlar qoqib ularga rezina ipning uchlarini bir oz tortilgan holda bog'laymiz. Rezina ipning o'rtasidagi nuqtaga dinamometrni ip orqali ulab tortamiz. Rezina cho'ziladi uning o'rtasi B nuqtadan A nuqtaga keladi. Bu vaqtda A nuqtada rezina

orasiga massasi ma'lum bo'lgan sharchani qo'yamiz. Rezinani bo'sh xolatidan A nuqtaga cho'zganda elastiklik kuchi qancha bo'lishini dinamometrdan aniqlaymiz va rezina bilan biriktiruvchi ipni kuydirib yuboramiz. Bu vaqtda elastiklik kuchi ta'sirida sharcha  $AB=l$  masofani bosib o'tib, stoldan otilib chiqadi va D nuqtaga kelib tushadi. Polga qum sepib qo'ysak tushgan nuqtasi aniq bo'ladi. Stol balandligi  $N$  ni,  $S$  ni va  $l$  ni o'lchaymiz.



58-rasm.

Avval elastiklik kuchining bajarga ishini hisoblaymiz.

$$A=Fl; F=\frac{F_{fel} + F_{oel}}{2} \text{ (o'rtacha qiymati)}$$

$F_{oel}=0$  bo'lgani uchun  $F=\frac{F_{fel}}{2}$ ;  $A=\frac{F_{fel}l}{2}$  o'lchash natijalarini

qo'yib  $A$  ni hisoblaymiz.

Sharch stol qirrasidan uchib chiqib ikkita harakatda ishtirok qiladi: boshlang'ich tezliksiz erkin tushadi va gorizontaal yo'nalishda tekis harakat qiladi. Harakat vaqti bir hildir.

$$N=\frac{gt^2}{2} \text{ dan } t^2=\frac{2H}{g} \text{ bo'ladi}$$

$S=gt$  dan  $g=S/t$ , buni kvadratga ko'taramiz va  $t$  ni qiymatini o'rniga qo'yamiz.

$$g_2 = \frac{S^2}{t^2} = \frac{S^2 g}{2N}; E_k = \frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{mS^2 g}{4N}$$

O'lchash natijalarini qo'yib Ye ni hisoblab ish bilan solishtirsak  $A \approx E_k$  kelib chiqadi. Taxminan bo'lishiga sabab o'lchash hatoliklaridir.

Xulosa qilib shuni aytamizki, kinetik energiyaning, umuman energiyaning o'zgarishi bajarilgan ishga teng bo'ladi, ya'ni  $A = E - E_0$  agar  $E_0 = 0$  bo'lsa  $A = E$  bo'ladi.

O'quvchilar  $FS = \frac{m\vartheta^2}{2}$  formulasidan quyidagicha

xulosalarni chiqarsinlar: Mashinani massasi katta bo'lsa uning kinetik energiyasi katta bo'lib, uni qisqa masofada to'xtatish uchun tormozlash kuchi juda katta bo'lishi kerak; ta'sir etuvchi kuch o'zgarmas bo'lganda kinetik energiya zapasi katta bo'lishi uchun yo'lni uzaytirish lozim (porox gazining ta'sir kuchini ortdirish uchun to'p stvolini uzaytirish lozim); suv oqimi qancha balandlikdan tushsa, oxirgi nuqtasida shunchalik katta kinetik energiyaga ega bo'ladi.

Shundan keyin bir necha masalalar yechib o'quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz (Shu bob oxiriga qaralsin).

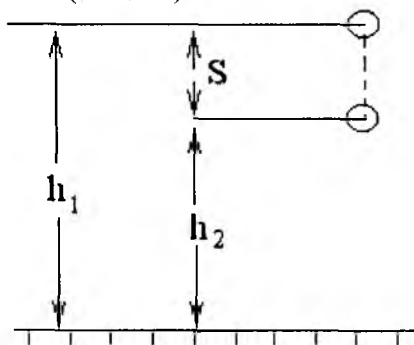
v) Potentsial energiya haqidagi tushunchani o'qitishda o'quvchilarga bu energiya bir jismni emas, balki xamma jismlar sistemasini (kamida ikki jismning) o'zaro ta'sir energiyasi ekanini uqdirib o'tishimiz lozim. Bu o'qituvchining vazifalaridan biridir, ikkinchi vazifasi – faqat yer yuzidan ko'tarilgan jismlargina emas, balki deformatsiyalangan jismlar ham potentsial energiyaga ega bo'lishini ko'rsatish. Uchinchi vazifa – potentsial energiyaning nol qiymatini ixtiyoriy tanlanishini tushuntirish.

Odatda potentsial energiyaning formulasini chiqarishda o'zaro ta'sir qiluvchi jismlarning bittasini qo'zg'almas deb qaraladi: Jism Yerga nisbatan, prujinani yerga nisbatan (prujinani bir uchi maxkamlangan jismning o'zi Yerga maxkamlanadi) potentsial energiyani hisoblashda Yerni tinch, qo'zg'olmaydi deb qaraladi. Shunga ko'ra o'quvchilar potentsial energiya bitta jism energiyasi, degan xulosaga

kelmasliklari lozim. U ikki jismning o'zaro ta'sir (vaziyatiga bog'liq bo'lgan) energiyasidir.

Potensial energiyani jismlarni o'zaro ta'siriga (vaziyatiga) yoki jism qismlarining o'zaro joylashish vaziyatiga (ta'siriga) bog'liq bo'lgan energiya deb, ta'riflaymiz. Potensial energiya jism fazoning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda (tezligini o'zgartirmay) u bajara oladigan ish bilan o'lchanadi. Burab qo'yilgan rezina, qisilgan yoki cho'zilgan prujina (ressorlar...), qisilgan havo (pnevmatik tormoz), Yerdan ma'lum balandlikka ko'tarilgan jism, potensial energiyaga ega bo'ladi.

Potensial energiyani hisoblash formulasini quyidagicha keltirib chiqaramiz (59-rasm).



59-rasm.

Jism Yerga nisbatan bir holatdan ( $h_1$ -balandlikdan) ikkinchi holatga ( $h_2$ -balandlikka) o'tganda uning potensial energiyasining o'zgarishi og'irlik kuchining bajargan ishiga teng bo'ladi, ya'ni:  $A=E_{1p}-E_{2p}=\Delta E_p$ ;  $A=mgs$ ;  $S=h_1-h_2$ ;  $A=mgh_1-mgh_2$

Yer yuzidan  $h$  balandlikka ko'tarilgan jism uchun  $h_0=0$  va  $E_{op}=0$  bo'ladi. U xolda  $E_p=mgh$

Potensial energiyani keltirib chiqarishdagi bu usul nolinci satxning ixtiyoriy tanlab olinganligini ko'rsatishga imkon beradi. Bu esa xulosaning o'zidan bevosita kelib chiqadi. Yuqorida biz ixtiyoriy ravishda jism Yer sirtida bo'lganda potensial energiyasini nolga teng deb oldik, chunki Yer sirti

satxigacha tushganda ish bajariladi. U eng quyi satxdir. Xuddi Shunday prujinani, rezinani qisilmay yoki cho'zilmay turgan vaqtdagi potentsial energiyasini nolga teng deb olinadi. Bajarilgan ish energiyaning qaysi satxdan boshlab hisoblanganiga emas, balki jism qancha pastga tushganligiga, ya'ni balandlikning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi.

Yuqoridagilardan ko'ramizki, biz potentsial energiya deganda bir jismni ikkinchi jismga (Erga) nisbatan potentsial energiyasining o'zgarishini aniqlaymiz. Xaqiqatan xam Yer sirtida jismning potentsial energiyasini nol deb olsak va uni h balandlikka ko'tarsak potentsial energiyasining o'zgarishi  $\Delta E_p = E_{hp} - E_{op}$  bo'lib,  $\Delta E_p = E_{hp} = mgh$  dir. Buni biz qisqalik uchun h balandlikdagi jismning potentsial energiyasi  $E_p = mgh$  deb yuritimiz. U og'irlik kuchini h balandlikdan yer sirtiga tushguncha bajargan ishiga tengdir.

Deformatsiyalangan prujinaning potentsial energiyasining o'zgarishi ham elastiklik kuchining bajargan ishiga teng bo'ladi, ya'ni:

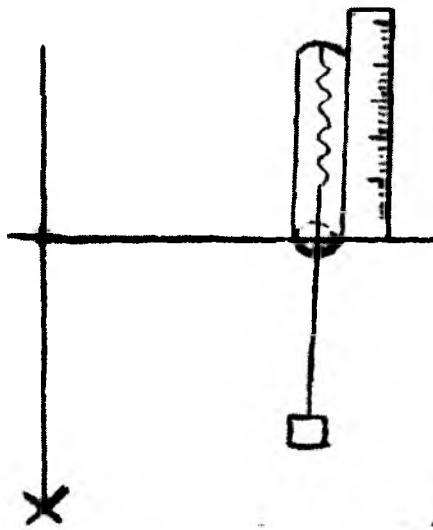
$$E_p = E_{px1} - E_{px} = A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} \text{ Agar } x_2 = 0 \text{ bo'lsa } \Delta E_p = E_{px1} = \frac{kx_1^2}{2}$$

Bu yerda ham potentsial energiya eng kichik (0) bo'lgan holatini ( $x_2 = 0$ ) nolinchi holat deb oldik. Shuni esdan chiqarmaslik kerakki, o'quvchilar nolinchi xolatni tanlash ixtiyoriy ekanini to'g'ri tasavvur qilsinlar.

O'quvchilarga potentsial energiya inertsiyal sanoq sistemasini tanlanishiga bog'liq emasligini, chunki u o'zaro ta'sir qiluvchi jismlarning orasidagi masofaning funktsiyasi ekanini uqdirib o'tamiz.

O'quvchilarga energiyaning o'zgarishi hiqiqatan ham bajarilgan ishga teng bo'lishini quyidagicha tajribada ham ko'rsatib o'tish maqsadga muvofiqdir (60-rasm).





60-rasm.

Dinamometrni shtativga tik qilib o'rnatib, unga ip orqali og'irligi 0,5N bo'lgan tosh ilamiz. Toshni dinamometr trubkasigacha (nayigacha) ko'tarib, qo'yib yuboramiz. U pastga tushishi natijasida dinamometr prujinasini cho'zadi. Undan prujinani cho'zuvchi kuchini aniqlaymiz. Tajribani bir necha marta takrorlab strelkasini cho'zilib oniy to'xtagan yerini aniqlash orqali cho'zuvchi kuchni aniq o'lchaymiz. Bu kuch 1,4 N bo'lsin. Dinamometrning ko'rsatkich strelkasini qanchaga siljiganini namoyish metri bilan o'lchaymiz va olingan natijalarga ko'ra prujinani cho'zish ishini hisoblaymiz ( $X=0,39$  m).

$$A = \frac{1,4}{2} \cdot 0,39 \approx 0,275J$$

Keyin dinamometrni cho'zib 1,4 N kuchni ko'rsatadigan xolga keltiramiz va dinamometr trubkasi (nayi)ning pastki uchidan (toshni avval ko'targandagi balandligidan) toshgacha bo'lgan masofani o'lchaymiz. Agar u masofa 55sm bo'lsa toshning potentsial energiyasini kamayishini hisoblash oson:

$$E_p = 0,5n \cdot 0,55sm \approx 0,275J$$

Demak, yuqoriga ko'tarilgan toshning energiyasini cho'zilgan prujinaning energiyasiga aylantirishda bajarilgan ish o'zgarigan (aylangan) energiyaga teng bo'ladi:  $A=E_p$

Shuni xam aytib o'tish kerakki, tashqi kuchlar sistema jismlarining faqat kinetik energiyasini o'zgartiradi, potentsial energiyasini o'zgartirmaydi. Potentsial energiyaning o'zgarishi o'zaro ta'sir kuchining ishi (ichki kuch ishi) bilan aniqlanadi.

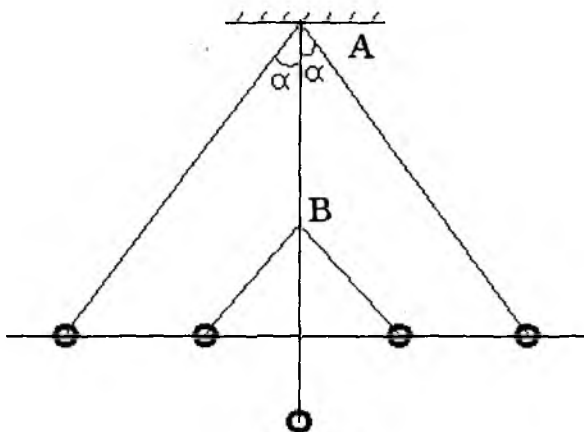
Potentsial energiyani matematik hisoblashga (sodda) va amaliy axamiyatga ega bo'lgan masalalar ko'rib chiqish orqali mavzuni yakunlaymiz (bob oxiriga qaralsin).

## **29-§. MEXANIK ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI**

Mexanik energiyaning saqlanish qonunini o'rganish vaqtida avval jismlarning boshqa jismlarga nisbatan tezligi va vaziyati o'zgaradigan, ammo ularning xarorati, xajmi, agregat xolati va boshqa ichki xossalari o'zgarmaydigan jarayonlargina ko'rilishini aytib o'tamiz. Agar bu o'zgarishlar uncha katta bo'lmasa bularni xisobga olmasa xam bo'ladi. Mexanik energiyaning saqlanish va bir turdan boshqa turga aylanish qonunini chiqarish uchun o'quvchilar bilan jismlarning erkin tushishiga oid masala ko'rib chiqilib, unda jism eng yuqori xolatda bo'lganda u maksimal potentsial energiyaga ega bo'lishi, yerga kelib urilish paytda maksimal kinetik energiyaga ega bo'lishi, ya'ni potentsial energiya kinetik energiyaga aylangani, ma'lum bir balandlikda (oraliqda) potentsial energiya qanchaga kamaygan bo'lsa kinetik energiya o'shanchaga ortgani va aksincha xollar uchun masalalar ko'rib, ularning xammasida to'liq mexanik energiya ( $E_k+E_p$ ) o'zgarmayotganligini (boshqa tashqi ta'sirlarni e'tiborga olmay) tushuntiramiz. Shundan keyin mexanik energiyaning o'zgarmasligini deformatsiyalangan jismlarda xam misollar orqali ko'rsatib o'tamiz. Ko'rib chiqilgan misollarga asoslanib, mexanik energiyaning saqlanish qonunini ta'riflaymiz: "Yopiq mexanik sistemada

jismlarning kinetik va potentsial energiyalarining yig'indisi o'zgarmaydi".

Energiyaning saqlanish va aylanish qonunini quyidagicha tajribada tushuntirib ketishimiz ham mumkin (61-rasm).



61-rasm.

- Mayatnik sharini ma'lum burchakka og'irib muvozanat vaziyatidan  $h$  balandlikka ko'taramiz va balandlikni belgilaymiz (o'sha balandlikda ip tortib qo'yamiz yoki nuqta qo'yamiz-orqasidagi doskaga). Keyin uni qo'yib yuboramiz. Bir marta tebranishi bilan qo'limiz bilan ipning yuqori qismidan ikki panjamiz orasida ushlab qo'lni tik ravishda pastga bir oz tushiramiz (A nuqtadan B nuqtaga). Mayatnikning bu vaqtda ham ko'tarilish balandligi o'shancha bo'lishini kuzatamiz. Tajribadan foydalanib unda potentsial energiya kinetik energiyaga va aksincha aylanishini qanday sodir bo'layotganini (xar ikkala xolda xam) to'liq energiya o'zgarmaganini ko'rsatamiz.

Prujinali mayatnik yordamida xam energiyaning aylanishini ko'rsatishimiz mumkin. Buning uchun Arximed tajribasidagi prujinani shtativga ilib, uning ikkinchi uchiga 1 kg massali jism ilamiz va uni tebrantiramiz. Bolalar uni kuzatib turadilar. Bir ozdan keyin jismni (yukni) to'xtatib, uni yuqori, o'rta va pastki xolatlariga keltirib, xar bir xolatda unga ta'sir

etayotgan kuchlarni ko'rsatib o'tamiz. Bundan tashqari bu vaziyatlarida tezliklari qanday bo'lishini, xamda kinetik va potentsial energiyalarning bir-biriga aylanishini, to'liq energiyaning o'zgarmasligini tushuntiramiz.

Bu tajribada tebranish amplitudasining so'nishi ancha sekin bo'ladi. Shuning uchun amplitudaning so'nib borishi sezilmasdan oldinroq to'xtatish maqsadga muvofiqdir.

Shundan keyin bir tur energiyaning (ichki, elektr...) boshqa tur energiyalarga (mexanik, issiqlik, yorug'lik...) aylanishlarini tushuntirib, energiyaning umumiy saqlanish qonunini ham ta'riflaymiz. "Energiya yo'qdan bor bo'lmaydi, bordan yo'q bo'lmaydi. U bir turdan ikkinchi turga aylanib turadi".

### 30-§. ENERGIYA VA IMPULSNING SAQLANISH QONUNLARINI URILISHDA QO'LLANISHI

Energiya va impulsning saqlanish qonunlarini elastik va noelastik urilishlarda qo'llanishini ko'rib chiqamiz. Avval urilish va undan foydalanishga qisqacha to'xtalib o'tamiz.

Urilish qisqa vaqt ichida jismlarning o'zaro tegib ta'sir qilishidan iboratdir. Urilishdan shtampovkada, mix, qoziq qoqishlarda, ballistik gal'vanometrlarda (qisqa vaqt ichidagi tok impulsini o'lchashda) va boshqa yerlarda ishlatiladi.

Urilishda jismning harakat holati katta o'zgarishini, ya'ni urilish qisqa vaqt bo'lganda jism xam deformatsiyalanishini, bu vaqtda kuch katta bo'lishini aytib unga misollar keltiramiz. Masalan, radiuslari 10sm.dan bo'lgan ikkita po'lat sharlar 5m/s tezliklar bilan kelib urilsalar urilish vaqti 0,0005 sek. bo'lib, bu vaqtdagi urilish kuchi 40000N dan katta bo'ladi.

Yana bir misol: massasi 1000 kg bo'lgan bolg'ani 1 m. balandlikka 2 sek. vaqtda ko'tarilsa quvvat:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 1}{2} = 4900 \text{ Vt bo'ladi.}$$

Bolg'a pastga tushib qoziqqa urilgan vaqtdagi o'rtacha quvvat (urilish vaqti 0,001 sek.) uning olgan energiyasining urilish vaqtiga nisbatidan iboratdir, ya'ni

$$N = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 1}{0,001} = 9,8 \cdot 10^6 \text{ Vt}$$

Demak, urilish quvvati transformatsiya qilishni samarali vositasidir.

Darslik va o'quv qo'llanmalarida elastik va noelastik urilishlarni markaziy urilishda ko'rib chiqilgan va tezliklarni aniqlash formulalari keltirib chiqarilgan (masalan, 2-ga qaralsin), lekin unda jismlar ma'lum bir burchak ostida kelib urilishiga to'xtalib o'tilmagan. Bizningcha buni masala yechish vaqtida ko'rib o'tish mumkin. Shuni ko'rib chiqaylik.

Agar jismlar (Sharlar) ma'lum bir burchak ostida elastik urilsalar unga har ikkala saqlanish qonunlarini yoza olamiz:

$$m_1 \vec{\mathcal{G}}_1 + m_2 \vec{\mathcal{G}}_2 = m_1 \vec{U}_1 + m_2 \vec{U}_2$$

$$\frac{m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} + \frac{m_2 \mathcal{G}_2^2}{2} = \frac{m_1 U_1^2}{2} + \frac{m_2 U_2^2}{2}$$

Masalani sodda holga keltirsak – (hususiy holini ko'rsak) ya'ni jismlarning massalari teng bo'lsa ( $m_1=m_2$ ) va ikkinchi jism to'qnashmasdan avval tinch turgan bo'lsa ( $\mathcal{G}_2=0$ ), yuqoridagi tenglamalardan quyidagilarni hosil qilamiz.

$$\vec{\mathcal{G}}_1 = \vec{U}_1 + \vec{U}_2 ; \mathcal{G}_1^2 = U_1^2 + U_2^2$$

$\vec{\mathcal{G}}_1$  -vektor  $\vec{U}_1$  va  $\vec{U}_2$  vektorlarning vektor yig'indisidan iborat. Bu esa  $\vec{U}_1$ ,  $\vec{U}_2$ ,  $\vec{\mathcal{G}}_1$  vektorlar uchburchakni hosil qilishini ko'rsatadi (yoki  $\vec{U}_1$  va  $\vec{U}_2$  lar parallelogramm tomonlari bo'lib,  $\vec{\mathcal{G}}_1$  uning diagonalidan iborat). Ikkinchi tenglikdan ko'ramizki, bu uchburchak to'g'ri burchakli uchburchakdan iboratdir, unda gipatinuzaning kvadrati ( $\mathcal{G}_1^2$ )

katetlar kvadratlarining ( $U_1^2$  va  $U_2^2$ ) yig'indisiga teng. Unda  $\vec{U}_1$  va  $\vec{U}_2$  vektorlar to'g'ri burchakni hosil qiladilar.

Shunday masalalarni yechish orqali jismlar ixtiyoriy burchak ostida urilganlaridan keyin ular to'g'ri burchak ostida ketadilar, (ya'ni to'g'ri burchak hosil qilib ketadilar) degan xulosani chiqaramiz.

Zarrachalarning treklarini (yadro fizikasida) o'rganish vaqtida to'g'ri burchak ostida uchib ketgan zarrachalarning massalari teng bo'lishi aniqlanadi. Agar bir proton tinch turgan ikkinchi protonga (suyuq vodorod yadrosiga) urilganda ular to'g'ri burchak hosil qilib uchib ketadilar. Buni billiard sharlarida ko'rsatish mumkin.

Uriluvchi jismlarning massalari turlicha bo'lganda ularning tezliklari qanday o'zgarishini bilish neytronlarning sekinlashish hodisasini bilishga imkon beradi. O'quvchilarga quyidagicha masalani yechish taklif etilishi maqsadga muvofiqdir.

Neytron tinch turgan uglerod ( $m=12m_0$ ) va uran ( $m=235m_0$ ) yadrolariga kelib elastik markaziy urilganda o'zining tezligini qancha qismni yo'qotadi?

Bu masalani yechish orqali neytron ( $m_0=1$ ) urilib, uglerod yadrosidan ( $2m_0=12$ ) o'zining tezligini  $2/13$  qismini yo'qotib, uran yadrosidan ( $235m_0=235$ ) o'zining tezligini  $2/236$  qismini yo'qotib uchib ketishini aniqlab ko'rsatamiz.

Bunday masalalarni mexanika kursida yechib o'quvchilarni yadro fizikasini o'rganishga tayyorlab boramiz.

Agar ikkinchi jismning (sharning) massasi juda katta bo'lsa uning tezligi deyarli o'zgarmaydi, massasi kichik sharning tezligi ham deyarli o'zgarmaydi:  $\vartheta_2=0$  bo'lsa  $U_1=-\vartheta_1$  bo'ladi, ya'ni kichik shar katta sharga urilib, undan qarama-qarshi yo'nalishda tezligini o'zgartirmay ketadi.

Noelastik urilishda mexanik energiyaning saqlanish qonunini qo'llab bo'lmasligini, ya'ni energiyaning bir qismi boshqa tur energiyaga aylanishini, buni hsiobga olish lozimligini aytib, uni masalalar yechish orqali tushuntirib o'tamiz.

Masalan, massasi  $m$  bo'lgan jism  $g$  tezlik bilan kelib o'shanday massali ikkinchi tinch turgan jismga uriladi. Urilishni noelastik va markaziy deb, bu vaqtda ajralib chiqqan issiqlik miqdorini hisoblansin.

Impulsning saqlanish qonuniga asosan ikkala jismning urilgandan keyingi tezligini topamiz.

$$m_1 g_1 + m_2 g_2 = (m_1 + m_2)U$$

(hamma tezliklar bir to'g'ri chiziqda yotgani uchun vektor belgisini qo'ymadik).

$g_2 = 0$  va  $m_1 = m_2$  bo'lgani uchun:

$$U = \frac{g_1}{2} \text{ bo'lishi kelib chiqadi.}$$

Urilishgacha jismning kinetik energiyasi

$$E_{\text{kin}} = \frac{m_1 g_1^2}{2}$$

Urilgandan keyingi kinetik energiyasi

$$E_{\text{kin}} = \frac{(m_1 + m_2)U^2}{2}$$

$U = \frac{g_1}{2}$  va  $m_1 = m_2$  ekanini e'tiborga olsak

$$E_{\text{kin}}^1 = \frac{2m_1 g_1^2}{2 \cdot 4} = \frac{m_1 g_1^2}{4}$$

Demak, kinetik energiyaning bir qismi, ya'ni

$$\Delta E = \frac{m_1 g_1^2}{2} - \frac{m_1 g_1^2}{4} = \frac{m_1 g_1^2}{4}$$

Qismi issiqlik energiyasiga (yoki boshqa tur energiyaga) aylanadi.

Shuni ham aytish lozimki, o'quvchilar noelastik urilishga energiyaning saqlanish qonunini qo'llash mumkin emasligini biladilaru, lekin urilgandan keyin birikib harakat qilayotgan jismga bu qonunni qo'llash mumkinligini to'la bilolmaydilar. Uni masalalar yechish orqali tushuntiramiz. Masalan, tinch turgan va uzunligi  $\ell$  - bo'lgan mayatnik shariga  $g$  tezlik bilan  $m$  massali o'q jism markaziy noelastik urilib unga kirib

qoladi. Urilgandan keyingi mayatnikni o'q bilan birga tezligini va uning og'ish burchagini topish kerak.

Bu masalani quyidagicha yechamiz;

a) impulsning saqlanish qonunini qo'llaymiz

$$m \mathcal{G} = (M+m)U;$$

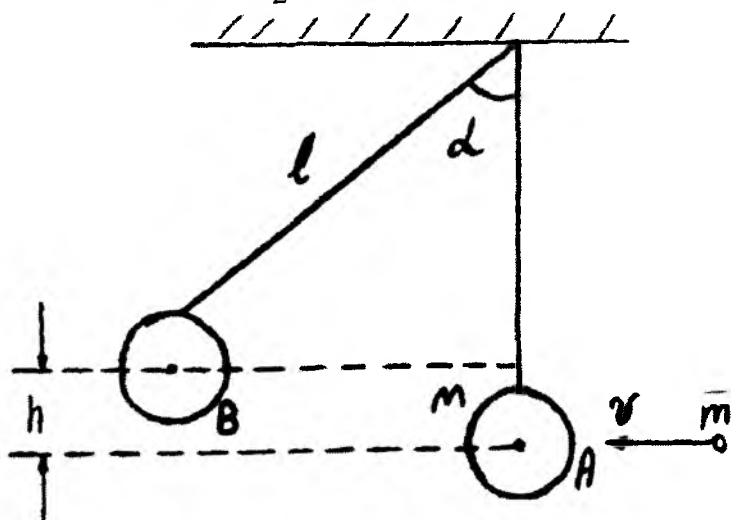
bu yerda  $M$ -mayatnikning massasi.

Mayatnikning olgan tezligini topamiz:

$$U = \frac{m \mathcal{G}}{M + m}$$

b) o'qi bilan birga mayatnikka energiyaning saqlanish qonunini qo'llab mayatnikning avvalgi va keyingi vaziyatlaridagi (A va B holatlardagi) qiymatlari tenglashtiriladi (62-rasm).

$$\frac{(M+m)U^2}{2} = (M+m)gh$$



62-rasm.

Bu mayatnikning og'ish burchagini aniqlash imkonini beradi.



Bu tenglikdan  $h$  ni topamiz ( $h = \frac{U^2}{2g}$ ) va unga  $U$  ning yuqoridagi qiymatini keltirib qo'yamiz.

$$\text{Rasmdan } \cos\alpha = \frac{\ell - h}{\ell} = 1 - \frac{h}{\ell}$$

Bunga  $h$  ning qiymatini qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$\cos\alpha = 1 - \frac{g^2}{2g\ell} \left( \frac{m}{M+m} \right)^2$$

Biz yuqorida energiyaning saqlanish qonunini urilishga emas, balki ma'lum miqdorda kinetik energiya olgan mayatnikning harakatiga qo'lladik.

Bir necha masalalar yechib, o'quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz.

1-masala.

a) Massasi 0,1 kg bo'lgan jism 10m balandlikdan Yerga tushadi. Harakatning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlaridagi va yerdan 4m balandlikda bo'lgan vaqtdagi kinetik va potentsial energiyalarini aniqlang. Havoni qarshiligini e'tiborga olinmasin;

b) Havoning qarshiligi bo'lganda u Yerga urilish paytida 13m/s tezlikka ega bo'lsa, qarshilik kuchini yengish uchun qancha ish bajarilgan ( $g = 10\text{m/s}^2$  deb olinsin).

Yechish: a) Jism  $h = 10\text{m}$  balandlikda bo'lganda uning potentsial energiyasi.

$$E_p = mgh = 0,1 \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 10\text{m} = 10\text{J};$$

kinetik energiyasi 0 ga teng bo'ladi.

Jism yerga yetib kelgan paytida uning potentsial energiyasi nolga teng bo'lib, kinetik energiyasi 10J bo'ladi (ishqalanishni e'tiborga olmaganda potentsial energiya to'la kinetik energiyaga aylanadi).

Jism  $h_1 = 4\text{m}$  balandlikda bo'lgan vaqtda potentsial energiyasi.

$$E_p = mgh_1 = 0,1 \text{ kg } 10\text{m/s}^2 \cdot 4\text{m} = 4\text{J};$$

Kinetik energiyasi  $E_k = 10\text{J} - 4\text{J} = 6\text{J}$

b) Jism Yerga urilish paytidagi kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{m \vartheta^2}{2} = \frac{0,1 \text{ kg} (13 \text{ m/s})^2}{2} = 8,45 \text{ J}$$

Havoning qarshiligini yengish ishi

$$A = 10 \text{ J} - 8,45 \text{ J} = 1,55 \text{ J}$$

2. Masala. Uzunligi  $\ell_0 = 30 \text{ sm}$  bo'lgan prujinani siqib  $\ell = 22 \text{ sm}$  ga keltirildi. Har bir metr ga siqish uchun  $F = 5 \cdot 10^5 \text{ N}$  k uch talab etgan bo'lsa, siqilgan prujinaning potentsial energiyasi aniqlansin.

Yechish. Prujinaning energiyasi uni siqishda bajarilgan ishga teng bo'ladi. Prujinani siqishda kuch noldan eng katta (maksimal) qiymatigacha ortib boradi. Siqishni oxiridagi eng katta kuch

$$F_{\max} = kX$$

bu yerda  $k$  - prujinaning bikirligi ( $k = \frac{F}{\Delta X}$ ; bunda  $\Delta X = 1 \text{ m}$

dir),  $X$  - siqilishi ( $X = \ell - \ell_0$ )

Prujinani siqishda o'rtacha kuchni olamiz. U quyidagiga teng

$$F_{o'r} = \frac{0 + F_{\max}}{2} = \frac{F_{\max}}{2}$$

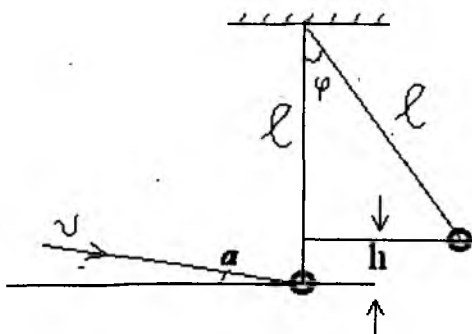
Siqilgan prujinaning potentsial energiyasi

$$E_p = A = F_{o'r} \cdot X = \frac{F_{\max}}{2} X = \frac{kX^2}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{F}{\Delta X} \right) X^2$$

Son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10^5 \text{ N/m} (0,30 - 0,22)^2 \text{ M}^2 = 1600 \text{ J}$$

3. Masala. Uzunligi  $\ell = 55 \text{ sm}$  bo'lgan cho'zilmaydigan ipga osilgan  $M = 1,5 \text{ kg}$  massali jismga massasi  $m = 10 \text{ g}$  bo'lgan o'q  $\vartheta_{o'q} = 400 \text{ m/s}$  tezlik bilan gorizontga  $\alpha = 30^\circ$  burchak ostida kelib urilib, uning ichiga kirib qoladi. Ichidagi o'qi bilan jism qanday  $\phi$  burchakka buriladi (63-rasm)?



63-rasm.

Yechish: Jismga urilguncha o'q impulsining gorizontall tashkil etuvchisi jismning o'q bilan birgalikda harakatning boshlanish paytidagi impulsiga teng bo'ladi (o'qning vertikal tashkil etuvchisi ipni taranglik kuchini ortdiradi xolos).

$$m \mathcal{G}_{o'q} \cos \alpha = (M+m) \mathcal{G};$$

( $\mathcal{G}$ -jismni o'q bilan birga harakat tezligi) Bunda jismning o'q bilan tezligi

$$\mathcal{G} = \frac{m}{M+m} \cdot \mathcal{G}_{o'q} \cos \alpha;$$

Jismning o'q bilan birga harakat boshlanishidagi kinetik energiyasi eng yuqoriga ko'tarilgandagi potentsial energiyasiga ega bo'ladi (qarshiliklarni hisobga olmaymiz. Bu vaqtda kinetik energiya to'la potentsial energiyaga aylanadi):

$$\frac{(M+m)\mathcal{G}^2}{2} = (M+m)gh; \quad \frac{\mathcal{G}^2}{2} = gh$$

bundan

$$h = \frac{\mathcal{G}^2}{2} = \left( \frac{m}{M+m} \right)^2 \cdot \frac{\mathcal{G}_{o'q}^2 \cos^2 \alpha}{2g}$$

keyingi hisobni qiyinlashtirmaslik uchun buni son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$h = \left( \frac{0,01}{1,51} \right)^2 \cdot \frac{400^2 \frac{M^2}{c^2} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2}{2 \cdot 9,8M/c^2} = 0,27M$$

Endi  $\varphi$  burchakni topamiz.

$$\cos \gamma = \frac{\ell - h}{\ell} = \frac{0,55 - 0,27}{0,55} \approx 0,5 \quad \varphi = 60^\circ$$

4-masala. Og'irligi  $P_2=200N$  bo'lgan bola silliq muz ustida og'irligi  $P_1=40N$  bo'lgan chanaga  $\Theta=4m/s$  boshlang'ich tezlik berdi. Bola qancha ish bajardi? Muz bilan chana va bola orasidagi ishqalanishni e'tiborga olinmasin.

Yechish: Ma'lumki, energiyaning o'zgarishi bajarilgan ishga teng bo'ladi. bola chanaga ta'sir qilmaganda ularning kinetik energiyasi nolga teng bo'lib, ta'sir qilganda energiyaning o'zgarishi har ikkisinining kinetik energiyalarini yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\frac{m_1 g_1^2}{2} + \frac{m_2 g_2^2}{2} = A \quad 1)$$

Bu yerda  $g_2$ -o'zaro ta'sir natijasida bolani olgan tezligi. Buni impulsning saqlanish qonunidan foydalanib topamiz.

$$m_1 g_1 - m_2 g_2 = 0 \quad (2)$$

To'qnashmasdan avval umumiy impuls nolga teng bo'lib, to'qnashgandan keyin chana va bola qarama-qarshi tomonlarga ketadilar. Shuning uchun minus ishora bo'ladi.

$$(2) \text{ dan } g_2 = \frac{m_1 g_1}{m_2} \quad (3)$$

(3) ni (1)ga qo'yamiz.

$$\frac{m_1 g_1^2}{2} + \frac{m_2 m_1^2 g_1^2}{2m_2^2} = A \text{ yoki } A = \frac{m_1 g_1^2}{2} \left( 1 + \frac{m_1}{m_2} \right)$$

$m_1 = \frac{P_1}{g}$  va  $m_2 = \frac{P_2}{g}$  ekanini e'tiborga olsak

$$A = \frac{P_1 g^2}{2g} \left( 1 + \frac{P_1}{P_2} \right)$$

Son qiymatlarini o'rniga qo'yib hisoblaymiz.

$$40\text{N} \cdot 16 \frac{\text{M}^2}{\text{c}^2}$$

$$A = \frac{40\text{n} \cdot 16 \frac{\text{M}}{\text{c}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{M}}{\text{c}^2}} \left( 1 + \frac{40\text{n}}{200\text{n}} \right) = 38,5\text{J}$$

## STATIKA ELEMENTLARI

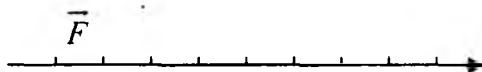
### 31-§. KUHLARNI QO'SHISH VA AYIRISH. TENG TA'SIR ETUVCHI KUHL

O'quvchilarning maktabda olgan bilimlarini takrorlab, mexanika uch qismdan iboratligini, ular kinematika, dinamika va statika deb yuritilishini, har bir bo'lim nimalarni o'rganishini eslariga tushirib, statika kuchlar ta'sirida jismning muvozanatini, kuchlarni qo'shish va ayirish, kuchni tashkil etuvchilarga ajratish va teng ta'sir etuvchisini topish va boshqalarni statikada o'rganilishini aytib o'tamiz.

O'quvchilar dinamikada kuch haqidagi tushuncha bilan tanishganlar, kuch vektor kattalik bo'lib, u miqdorga va yo'nalishga ega bo'lishini biladilar. Buni eslariga tushirib, keyin uni qo'yilish nuqtasining ham ahamiyati katta ekanini, buni bilish zarurligini misollar asosida tushuntiramiz. Masalan, richagda yuk ko'tarishda kuch qo'yilgan tomonning yelkasi qancha katta bo'lsa shuncha kam kuch qo'yiladi. Buni chizmalar yordamida ko'rsatamiz.

Kuch qaysi turda bo'lmasin, uchta asosiy dalil (faktor) bilan aniqlanadi: 1) Kuchning miqdori, 2) Kuchning yo'nalishi va 3) Kuch qo'yilgan nuqta.

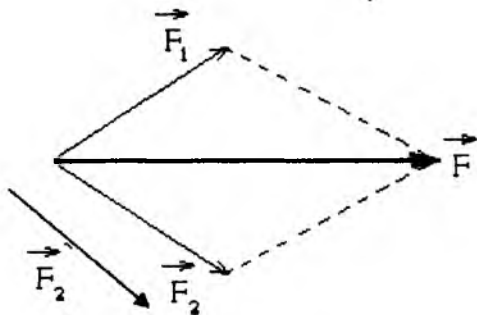
Kuch yo'nalishga ega bo'lgani uchun uni vektor bilan tasvirlanishini, vektor kesmasining uzunligi ma'lum masshtabdagi kuch miqdorini, yo'nalishi esa kuch yo'nalishini va ta'sir chizig'ini tasvirlashini chizma va masshtablar yordamida tushuntiramiz (64-rasm).



64-rasm.

Shundan keyin kuchlarni qo'shish, ayirish va tashkil etuvchilarga ajratish parallelogram (yoki kuchlar uchburchagi va ko'pburchagi) qoidasi orqali amalga oshirilishini chizmalar yordamida tushuntiramiz.

Bir necha kuch ta'sirini bir kuch ta'siri bilan almashtirish-bu teng ta'sir etuvchisini topish bo'lib, uni vektorlarni qo'shish orqali topamiz. Masalan, ikkita kuch berilgan (65-rasm), ularning teng ta'sir etuvchisini topish lozim bo'lsin.



65-rasm.

Avval  $\vec{F}_2$  kuchni  $\vec{F}_1$  kuch qo'yilgan nuqtaga ko'chirib kelamiz. Kuchni bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chirish-uning uzunligini (ya'ni miqdorini) va yo'nalishini

o'zgartirmasdan o'sha nuqtaga olib kelishdan iboratdir. Shundan keyin bu kuchlarga parallelogram quramiz. Kuchlarning boshlanish nuqtasidan o'tkazilgan diagonal bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi bo'lib, uning uzunligi miqdorini ko'rsatadi:  $\vec{F}^1 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

Agar kuchlar orasidagi burchak  $0^\circ$  bo'lsa ular bir tomonga yo'nalgan bo'lib teng ta'sir etuvchi kuch ham shu tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Agar kuchlar orasidagi burchak  $180^\circ$  bo'lsa ularning teng ta'sir etuvchisi katta kuch tomonga yo'nalgan bo'ladi.

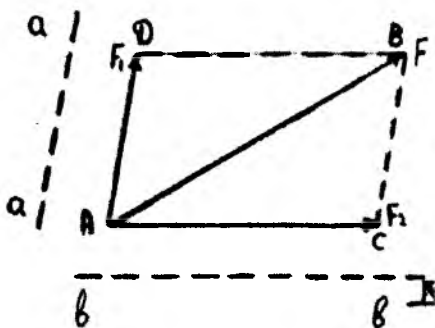
Kuchlar orasidagi burchak  $0^\circ$  dan ortib borsa teng ta'sir etuvchisi kamayib borishini ham aytib, chizmalar yordamida ko'rsatamiz.

Agar bir necha kuch berilgan bo'lsa ularning teng ta'sir etuvchisini aniqlash uchun avval ikkitasining teng ta'sir etuvchisini topamiz. Keyin bu teng ta'sir etuvchi bilan uchinchi kuchning teng ta'sir etuvchisini topamiz va shu kabi oxirgi teng ta'sir etuvchi kuchni aniqlaymiz. Buni chizmada ketma-ket chizib ko'rsatamiz.

b) Shundan keyin berilgan kuchni, ya'ni teng ta'sir etuvchi kuchni tashkil etuvchilarga ajratishni ko'rib chiqamiz.

Bu yerda o'quvchilarga ikkita holni ko'rsatish maqsadga muvofiqdir:

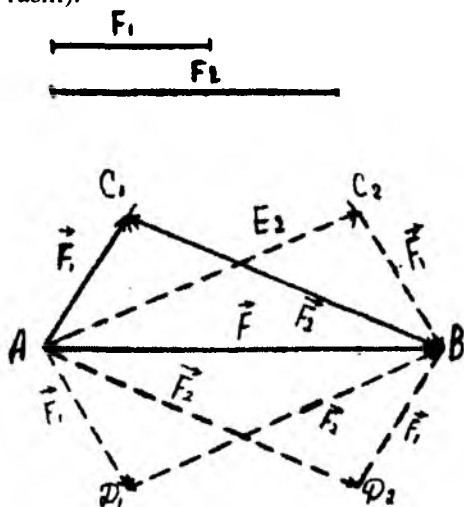
1) Kuchni biror nuqtadan o'tuvchi va ta'sir chiziqlari  $a-a$  va  $b-b$  yo'nalishlarga parallel bo'lgan tashkil etuvchilarga ajratish (66-rasm).



66-rasm.

$\vec{F}$  kuchning A boshi va B uchidan  $a-a$  va  $b-b$  yo'nalishlarga parallel chiziqlar o'tkazish bilan ADBC parallelogrammini hosil qilamiz. Bunda  $\vec{F}$  kuch parallelogramning diagonali bo'lgani uchun, uning AC va AD tomonlari  $\vec{F}$  kuchning  $F_1$  va  $F_2$  tuzuvchilarini (tarkibiy qismlarini) beradi.

2)  $\vec{F}$  kuchni son qiymatlari berilgan ikkita tuzuvchilarga ajratish (67-rasm).



67-rasm.

Bu holda  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlarning yo'nalishini topish kerak bo'ladi. buning uchun  $\vec{F}$  kuchning A boshi va B uchidan  $F_1$  va  $F_2$  (son qiymatlari) radiuslar bilan yoy chizib, ularning kesishgan nuqtasi  $C_1$  yoki  $C_2$  ni topamiz.

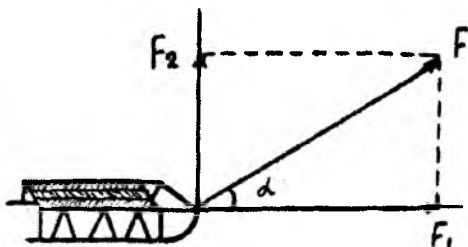
Bu  $C_1$  nuqtani A va B nuqtalar bilan tutashtirib, A dan  $C_1B$  ga teng va parallel qilib  $AD_2$  chiziqni o'tkazamiz. Qurilgan parallelogramdan  $AC_1$  bilan  $AD_2$  bo'yicha  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlarining yo'nalganligini ko'ramiz.  $AC_1B$  uchburchagidan  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  ning yo'nalishlarini aniqladik.  $AD_1B$



uchburchagini olganimizda, kuchlarning yo'nalishi  $AD_1$  bilan  $AC_2$  ga mos kelar edi. Demak, bu holda masala ikkita yechimga ega bo'ladi. bu ikkinchi holni akademik litseylarning aniq fanlar yo'nalishida o'qiyotgan o'quvchilarga ko'rsatib o'tilsa foydadan holi emas.

Birinchi holga birorta misol ko'rsatib o'tamiz.

Aytaylik, bola gorizontol yo'lda chanani ip bilan tortib ketayotgan bo'lsin (68-rasm).



68-rasm.

Bu vaqtda ip gorizont bilan  $\alpha$  burchak hosil qilgan bo'lsa ip orqali bola ta'sir etayotgan kuch ikkita tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi: biri gorizontol, ikkinchisi vertikal tashkil etuvchidir.

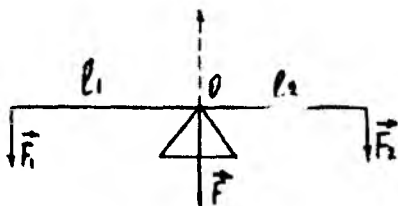
Vektorni tashkil etuvchilarga ajratish qoidasidan foydalanib (1-hol)  $\vec{F}$  kuchni tarkibiy qismlarga ajratamiz. Undagi  $\vec{F}_1$  tashkil etuvchisi chanani tortib harakatlantiradi.

### 32-§. PARALLEL KUHLARNING TENG TA'SIR ETUVCHISI

O'quvchilar maktabda richag va uning muvozanati bilan tanishganlar va laboratoriya ishini ham bajarganlar. Uni takrorlab, richag muvozanatda bo'lganda unga qo'yilgan kuchlar parallel kuchlardan iboratligi, aylanish o'qiga ta'sir etuvchi kuch richagga qo'yilgan kuchlarning yig'indisidan iborat bo'lishini, shu yig'indi kuch teng ta'sir etuvchi kuchdan iboratligini, aylanish o'qining reaksiya kuchi teng ta'sir etuvchi kuchga teng va unga qarama-qarshi

yo'nalganligini chizmalar va tajriba yordamida tushuntiramiz (richagning og'irligini hisobga olmadik). Aylanish o'qidan kuchlarga bo'lgan masofalar Shu kuchlarga teskari proporsional bo'lishini ham eslariga tushiramiz, ya'ni

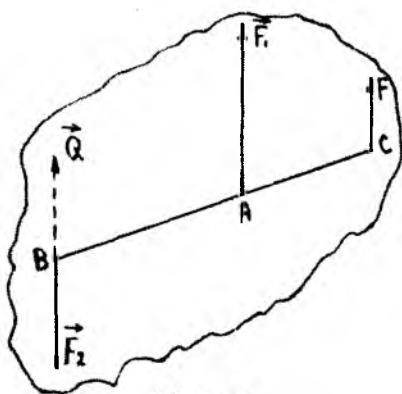
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1} \quad (69\text{-rasm}).$$



69-rasm.

Shundan keyin M.X.O'lmasova kitobida keltirilgan tajribani, ya'ni chizg'ichni ikkita rezina ipga ilib, unga parallel kuchlar ta'sir (yuklar ilib) etdirib, ularning teng ta'sir etuvchisini aniqlashni chizma va tajriba yordamida tushuntirib o'tamiz. Bu holda ham teng ta'sir etuvchi kuch qo'yilgan nuqtadan qo'shiluvchi parallel kuchlarga bo'lgan masofalar kuchlarga teskari proporsional bo'lishini ko'rsatamiz.

Endi jismga o'zaro parallel, lekin qarama-qarshi yo'nalgan kuchlar ta'sir qiladigan holni ko'rib chiqaylik (70-rasm).



70-rasm.

Jismga o'zaro parallel bo'lgan va qarama-qarshi yo'nalgan  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlar ta'sir qilayotgan bo'lsin ( $F_1 > F_2$ ).  $\vec{F}_1$  ni ikkita tarkibiy qismga ajratamiz. Ulardan biri  $\vec{Q}$  ni Shunday tanlaymizki, u son jihatidan  $F_2$  ga teng bo'lib, V nuqtadan o'tsin. U vaqtda ikkinchi tarkibiy qismi  $F = F_1 - F_2$  bo'lib, A ning davomidagi biror S nuqtaga qo'yiladi. U holda yuqoridagi kabi

$$\frac{F_2}{F_1 - F_2} = \frac{AC}{AB} \text{ yoki } \frac{F_2}{F} = \frac{AC}{AB}$$

$\vec{F}_2$  va  $\vec{Q}$  kuchlarning modullari (miqdori) teng bo'lgani uchun ularning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lib C nuqtada  $\vec{F}$  kuchgina qoladi. Bu kuch  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  kuchlarning teng ta'sir etuvchisi bo'ladi:  $F = F_1 - F_2$

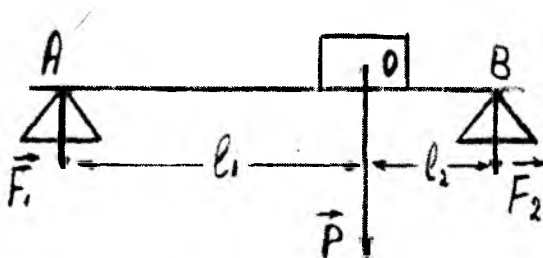
Bulardan tashqari:

$$\frac{F_1}{BC} = \frac{F_2}{AC} = \frac{F}{AB}$$

Demak, bir-biriga teskari ikkita parallel kuchning teng ta'sir etuvchisi ularning ayirmasiga teng va yo'nalishi katta kuch yo'nalishida bo'ladi. teng ta'sir etuvchi kuch qo'yilgan nuqta AB kesma ustida katta kuch qo'yilgan nuqta tomonida yetib, shu kesmani kuchlarga teskari proporsional qismlarga bo'ladi.

b) O'quvchilarga ba'zi hollarda kuchni o'zaro parallel bo'lgan kuchlarga ajratishga to'g'ri kelishini aytib unga misollar keltiramiz. Masalan, stol ustida turgan yuk. uning oyoqlariga qanchadan kuch bilan ta'sir qilishini, ko'priq ustidagi mashinaning tayanchlarga ko'rsatadigan kuchini, uyda pol ustidagi buyumlarni devorlarga beradigan ta'sir kuchini aniqlashga to'g'ri keladi.

Aytaylik og'irligi P bo'lgan mashina ko'priq ustida turgan bo'lsin. Mashinaning og'irlik markazi qo'yilgan nuqta O bo'lsin (71-rasm).



71-rasm.

Tayanchlarga bosuvchi kuchlar  $\overline{F_1}$  va  $\overline{F_2}$  bo'lsin. Parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlashdan kelib chiqqan xulosalardan foydalanib

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1} \text{ yoki } \frac{F_1}{P - F_1} = \frac{l_2}{l_1}; \frac{F_1}{l_1} = \frac{F_2}{l_2} = \frac{P}{l}; \text{ (bunda } l =$$

$l_1 + l_2$ ) formulalarni yozishimiz mumkin.

Yuqoridagi formulaladn (oxirgisidan):

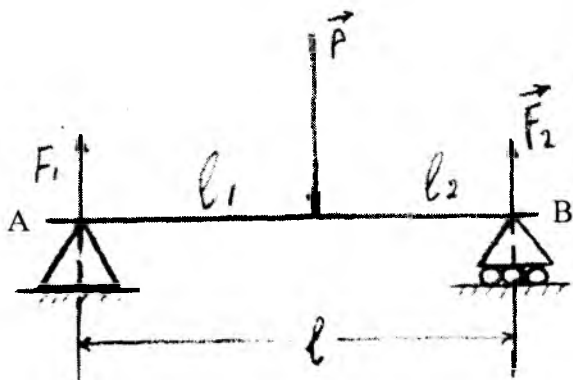
$$F_1 = \frac{l_2}{l} P; \quad F_2 = \frac{l_1}{l} P \text{ kelib chiqadi;}$$

ikkinchi va uchinchisini  $F_1$  va  $F_2$  ga nisbatan yechsak:

$$F_1 = \frac{P}{\frac{l_1}{l_2} + 1}; \quad F_2 = \frac{P}{\frac{l_2}{l_1} + 1} \text{ kelib chiqadi.}$$

Turli inshoot, qurilish va texnik qurilmalarda kuchning tashkil etuvchilarining kattaligini oldindan aniqlash muhim ahamiyatga egadir. Bir misol ko'raylik.

Masala. Uzunligi  $l=6\text{m}$  bo'lgan balkaning chap tayanchidan  $l_1=2\text{m}$  uzoqlikdagi S nuqtada  $P=8 \cdot 10^4\text{N}$  yuk qo'yilgan. Balkaning uchlari tayanchga erkin tiralgan.  $F_1$  va  $F_2$  tayanch reaksiyalari toplisin (72-rasm).



72-rasm.

Yechilishi. A va B nuqtalardagi aniqlanayotgan reaksiya kuchlari  $P$  kuchning tayanchlarga ko'rsatgan bosimlariga teng va qarama-qarshi yo'nalgan. Shuning uchun yuqorida ko'rgan formuladan foydalanib, ularning qiymatlarini bevosita topa olamiz:

$$F_1 = \frac{l_2}{l} P; F_2 = \frac{l_1}{l} P; l_2 = l - l_1 = 6 - 2 = 4 \text{ m}$$

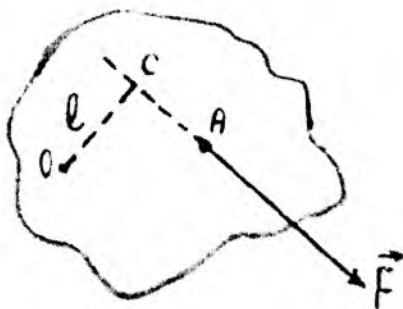
$P$  va  $l$ ,  $l_1$ ,  $l_2$  larning qiymatlarini qo'ysak:

$$F_1 = \frac{4}{6} \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ N} = \frac{16}{3} 10^4 \text{ N}; F_2 = \frac{2}{6} \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ N} = \frac{8}{3} 10^4 \text{ N}$$

### 33-§. KUCH MOMENTI. JUFT KUHLAR MOMENTI

O'quvchilarga "aylanish o'qiga ega bo'lgan jismni, masalan, eshikni aylanish o'qiga yaqin joyiga ta'sir qilib ochish osonmi yoki uzoqroqqa ta'sir qilib ochish osonmi?" degan savolni qo'ysak ular, albatta aylanish o'qidan uzoqroq yerlarga ta'sir qilib ochish oson bo'lishini aytadilar. Bu javobni hayot tajribasiga asoslanib aytadilar. Bundan aylanish o'qiga ega bo'lgan jismni harakatlantirishda kuchning kattaliginigina emas balki qo'yish nuqtasini, ya'ni aylanish o'qidan qanday masofaga qo'yilishiga ham bog'liq bo'ladi degan xulosani chiqaramiz va aylanma harakatlarni o'rganishda "kuch momenti" deb ataluvchi tushunchadan keng foydalanilishini aytib, keyin uni o'rganishga boshlaymiz.

Aytaylik, aylanish o'qiga ega bo'lgan jismning biror A nuqtasiga  $\vec{F}$  kuch ta'sir qilsin (73-rasm).



73-rasm.

Aylanish o'qidan kuch chizig'iga yoki uning davomiga tushirilgan perpendikulyarning uzunligini, ya'ni aylanish o'qidan kuchning ta'sir chizig'igacha bo'lgan eng qisqa masofani shu kuchning yelkasi deb atalishini aytib, uni rasmda bajarib ko'rsatamiz. Rasmda  $OC = \ell$  kuch yelkasidir.

Kuchni o'zining yelkasiga ko'paytmasi bilan o'lchanadigan kattalikni kuch momenti yoki aylantiruvchi moment deb atalishini ta'riflab keyin uning formulasini beramiz:

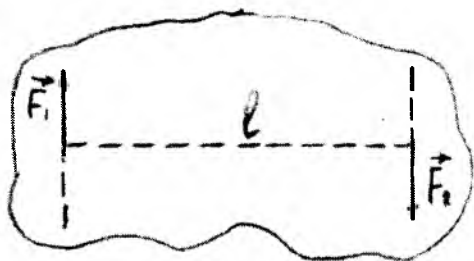
$$\vec{M} = \vec{F}\ell$$

Kuch momenti vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi o'ng parma qoidasiga asosan aniqlanishini aytib bu qoidani beramiz: parmani aylanish o'qi bo'ylab qo'yib, uning dastasini kuch yo'nalishida aylantirganimizda ilgarilanma harakati qaysi tomonga bo'lsa kuch momentining yo'nalishi ham o'sha tomonga bo'ladi. Buni chizmada ko'rsatib tushuntiramiz.

Kuch va yelkasi bittadan birliklarga teng bo'lsa kuch momenti ham bir birlikka teng bo'lib, u (Nm) dan iboratdir.

Shundan keyin juft kuch va uning momenti haqidagi tushunchani beramiz.

Ma'lum oraliqda bir-biriga qarama-qarshi parallel yo'nalishdagi miqdor jihatidan teng bo'lgan ikki kuchni juft kuch deb atalishini, juft kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofani juft kuchlarning yelkasi deb atalishini, kuchlardan birining kuch yelkasiga ko'paytmasini juft kuch momenti deb atalishini bayon qilib, ularni chizmalar yordamida tushuntiramiz (74-rasm).



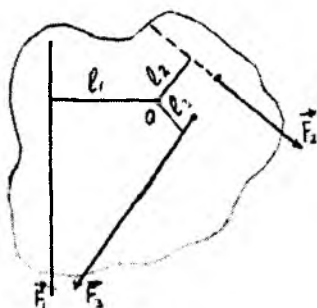
74-rasm.

$$F_1\ell = F_2\ell; \text{ birligi (Nm)}$$

Juft kuch ta'sirida jism aylanishini, juft kuchning teng ta'sir etuvchisi bo'lmasligini (chunki  $F_1 = F_2$  bo'lib,  $F_1 - F_2 = 0$  dir), juftni hosil qiluvchi kuchlar muvozanatlashmasligini, juft kuch jismni soat strelkasi bo'ylab aylantirsa uning momentini musbat deb olinishini, juft kuch momentining kattaligi aylanish o'qining vaziyatiga bog'liq bo'lmasligini, uning birligi (Nm) dan iboratligini aytib o'tamiz.

### 34-§. KUCH MOMENTLARINI QO'SHISH. AYLANISH O'QIGA EGA BO'LGAN JISMNING MUVOZANAT SHARTI

Agar jismga bir necha kuch ta'sir qilsa ularning ta'sirini bitta teng ta'sir etuvchi kuch ta'siri bilan almashtirishni o'quvchilarning eslariga tushirib, xuddi shunday bir necha kuchlarning aylantiruvchi momentlarini bitta kuchning aylantiruvchi momenti bilan almashtirish mumkinligini aytib, uni amalga oshirish usulini chizmalar va tajriba yordamida tushuntiramiz (75-rasm).



75-rasm.

Aytaylik, qo'zg'almas o'qqa ega bo'lgan jismga ta'sir etuvchi  $\overline{F_1}$  kuch bu jismni soat strelkasiga qarshi yo'nalishda aylantirsin. Uning momentini musbat deb olamiz. Jism muvozanatda bo'lishi uchun soat strelkasi bo'yicha aylantiruvchi kuchlar bo'lib, ularning momentlarining yig'indisi  $\overline{F_1}$  kuch momentiga teng bo'lishi lozim, ya'ni  $\overline{F_2}$  va  $\overline{F_3}$  kuchlarining momentlari yig'indisi  $\overline{F_1}$  kuch momentiga teng bo'lishi kerak:

$$F_1 \ell_1 = F_2 \ell_2 + F_3 \ell_3$$

Bu tenglikdan ko'ramizki, ikkita (bir necha) bir tomonga aylantiruvchi kuchlarning momentlarining algebraik yig'indisi shu tomonga aylantiruvchi umumiy momentni hosil qiladi, ya'ni bir necha kuchlar momentlarini bitta kuch



momenti bilan almashtirildi. Bu kuch momentlarini qo'shish demakdir.

Soat strelkasiga qarshi yo'nalishda aylantiruvchi momentlarning yig'idnisi soat strelkasi yo'nalishida aylantiruvchi momentlarning yig'indisiga teng bo'lsa aylanish o'qiga ega bo'lgan jism muvozanatda bo'lishini chizma va tajriba yordamida (richagni muvozanati holatiga keltirib) tushuntiramiz. Bizning misolda

$$M_1 = M_2 + M_3$$

shart bajarilganda jism muvozanatda bo'ladi. Jismning muvozanatlik shartini vektor ko'rinishda quyidagicha yozamiz:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 = 0$$

Demak, qo'zg'almas o'qqa ega bo'lgan jismga ta'sir etuvchi barcha kuchlarning momentlarini algebraik yig'indisi nolga teng bo'lganda bu jism muvozanatda bo'ladi.

Bu qoida momentlar qoidasi deb yuritiladi. Uni qisqacha quyidagicha yozilishini ko'rsatamiz.

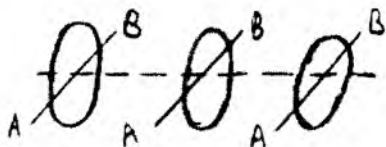
$\sum_{i=1}^n (F\ell)_i = 0$  yoki  $\sum_{i=1}^n M_i = 0$ ; ularning o'qlardagi proektsiyalari ham 0 ga teng bo'ladi:

$$\Sigma(M_i)_x = 0; \quad \Sigma(M_i)_y = 0; \quad \Sigma(M_i)_z = 0$$

### 35-§. QATTIQ JISM MUVOZANATINING UMUMIY SHARTI

Avval qattiq jismning ilgarilanma harakat qilgan vaqtdagi muvozanat shartini ko'rib chiqamiz.

Agar jismga biriktirilgan ixtiyoriy to'g'ri chiziq harakat davomida o'ziga paralleligicha qolsa bunday harakatni ilgarilanma harakat deyilishini, unda jismning barcha nuqtalarining bir xil vaqt oraliqlarida ko'chishi kattalik va yo'nalish jihatdan bir xil bo'lishini chizmalar yordamida tushuntiramiz (76-rasm).



76-rasm.

Jismga biriktirilgan AB chiziq harakat davomida o'ziga paralleligicha qolayotir. Demak, jism ilgarilanma harakat qilayotir.

Har qanday jism bir vaqtning o'zida ilgarilanma harakat qilishi bilan birga aylanma harakatda ham bo'lishi mumkin. Biz bu yerda faqat ilgarilanma harakat qilayotgan jismning muvozanat shartini ko'rib chiqamiz.

Agar jismga bir necha kuch ta'sir qilayotgan bo'lsa, ularning teng ta'sir etuvchisini parallelogramm qoidasiga ko'ra aniqlashni eslariga tushirib, bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisini topamiz. Agar bu teng ta'sir etuvchi nolga teng bo'lib chiqsa, u holda jism muvozanatda bo'ladi. Agarda teng ta'sir etuvchi kuch nolga teng bo'lmasa jismni muvozanat holatiga keltirish uchun bu teng ta'sir etuvchiga miqdor jihatidan teng va qarama-qarshi yo'nalgan kuch qo'yilishi lozimligini aytib, uni chizmalarda tushuntiramiz.

Demak, aylanish bo'lmaganda eismning muvozanatda bo'lishi uchun unga qo'yilgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'lishi kerak.

$$\vec{\Sigma F} = 0; \Sigma F_x = 0; \Sigma F_y = 0; \Sigma F_z = 0.$$

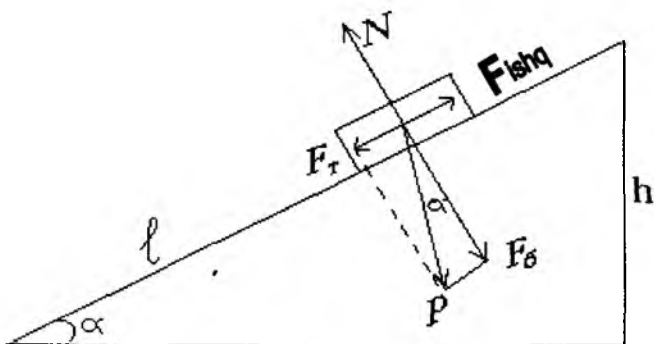
Misollar ko'rib chiqamiz.

Parashyutchi parashyutini ochganda havoning qarshilik kuchi ortadi, natijada parashyutchi sekinlanuvchan harakat qila boshlaydi va ma'lum bir vaqtdan keyin og'irlik kuchi bilan havoning qarshilik kuchi tenglashib, shu vaqtdan boshlab parashyutchi to'g'ri chiziqli tekis harakat qila boshlaydi, ya'ni u muvozanat holatiga o'tadi.

Yana bir misol. Jism qiya tekislikda ishqalishsiz harakat qilayotgan bo'lsa, uning og'irlik kuchini qiya tekislik bo'ylab tashki etuvchisiga teng va unga qarshi yo'nalgan kuch

qo'yilsa u muvozanat holatiga o'tadi ya'ni  $F = F_1 = P \sin \alpha = P \frac{h}{l}$

shart bajarilsa jism muvozanatda bo'ladi (77-rasm).



77-rasm.

Bu shart bajarilsa jismga ta'sir etuvchi hamma kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'ladi:

$$\vec{F}_r + \vec{F}_{ishq} + \vec{F}_g + \vec{N} = 0$$

Bu kuchlarning X va Y o'qlarga proektsiyalari

$$(\vec{F}_r)_x = -F_r; (\vec{F}_g)_x = F; (\vec{N})_x = 0; (\vec{F}_g)_x = 0;$$

$$(\vec{F}_r)_y = 0; (\vec{F}_g)_y = 0; (\vec{N})_y = N; (\vec{F}_g)_y = -F_g$$

$|\vec{F}_T| = |\vec{F}|$  va  $|\vec{F}_6| = |\vec{N}|$  ekanini e'tiborga olsak ularning o'qlardagi proektsiyalari yig'indisi  $-F_T + F = 0$ ;  $-F_6 + N = 0$  bo'ladi.

Demak, aylanish bo'lmaganda jismga ta'sir etuvchi kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lsa, jism muvozanatda bo'ladi.

b) aylanma harakatda jismning hamma nuqtalari aylanish o'qida yotuvchi markazlari atrofida aylanalar bo'ylab bir xil burchak tezlik bilan harakatlanadilar. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismlarning muvozanatlik sharti yuqorida ko'rib

chiqqan edik, bu shart  $\sum_{i=1}^n M_i = 0$  dan iboratligini bilamiz.

Shuning uchun unga bu yerda to'xtalmaymiz.

v) Jismlar ko'p hollarda murakkab harakatda, ya'ni ham ilgarilanma, ham aylanma harakatda bo'ladi.

Bunday murakkab harakat qilayotgan jism muvozanatda bo'lishi uchun unga ta'sir qilayotgan hamma kuchlarning teng ta'sir etuvchisi va uning o'qlardagi proektsiyalarining algebraik yig'indisi va bu kuchlarning aylantiruvchi momentlarining va ularning o'qlardagi proektsiyalarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lsa jism muvozanatda bo'ladi.

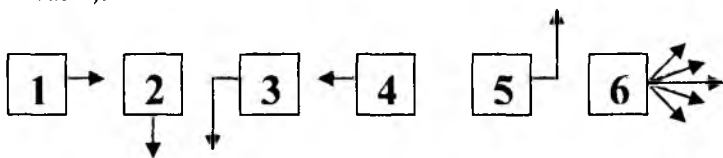
$$\Sigma F = 0; \Sigma(F)_x = 0; \Sigma(F)_y = 0; \Sigma(F)_z = 0$$

$$\Sigma M = 0; \Sigma(M)_x = 0; \Sigma(M)_y = 0; \Sigma(M)_z = 0$$

Bu murakkab harakat qilayotgan jismning muvozanatlik shartidan iboratligini, u yetarli ekanini uqdirib o'tamiz.

## 36-§. JISMLARNING MASSA MARKAZI

Massa haqidagi tushunchani tajribadan boshlab kiritish maqsadga muvofiqdir. Penoplastdan tayyorlab qo'yilgan g'ishtning turli yerlariga irmoqli ignalar sayib qo'yamiz. Jismni stol ustiga qo'yib, ipni ignalarning irmoqlariga ketma-ket ilib, har safar jismni tortamiz, ya'ni jismga turli yo'nalishlarda kuch ta'sir etdiramiz va jismning qanday harakat qilishini kuzatamiz (78-rasm).



78-rasm.

1-,2-,4-tajribalarda jism kuch yo'nalishida ilgariylanma harakat qiladi. 3- va 5- tajribalarda jism oldin burilib keyin ilgariylanma harakat qiladi. 6-tajribada jism  $F$  kuch ta'siriga ilgariylanma harakat qiladi, boshqa kuchlar ta'sirida avval burilib keyin ilgariylanma harakat qiladi.

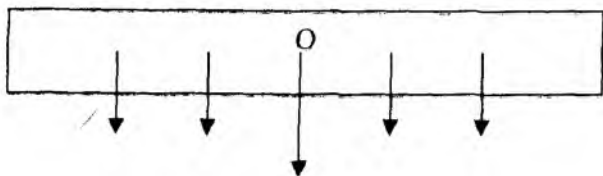
Har bir tajribada jism burilib, keyin ilgariylanma harakatga kelgan vaqtdagi kuchning yo'nalishini g'isht ustiga chizib boramiz. Jismni ilgariylanma harakatlarni qilgan vaqtdagi kuchlarning yo'nalish chiziqlari bir nuqtada kesishganini o'quvchilarga ko'rsatib, unga asosan quyidagicha xulosani chiqaramiz.

Har bir jism uchun uni ilgariylanma harakatga keltiruvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari kesishadigan bitta nuqta mavjud bo'lib, bu nuqtani jismning massa markazi deb ataladi.

Massalar markazidan o'tmaydigan to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan har qanday kuch jismni aylanma harakatga keltiradi.

Jismlarning massa markazlari ularning og'irlik markazlari bilan ustma-ust tushadi.

Jismlarning og'irlik markazlarini parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisi orqali aniqlashimiz mumkin. Jism zarralarining og'irlik kuchlari Yer markaziga yo'nalgan bo'lib, ularni parallel kuchlar deb qarash mumkin (Er katta bo'lgani uchun). Bu parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisini topishni ko'rganmiz. Bu yetng ta'sir etuvchi qo'yilgan nuqta jismning og'irlik markazidan iborat bo'ladi (79-rasm).



79-rasm.

Masalan, bir jinsli va hamma yerida qalinligi bir xil bo'lgan chizg'ichning turli qismlarining og'irlik kuchlari parallel kuchlardan iborat bo'lib, ularning teng ta'sir etuvchisi  $F$ -kuchdan iboratdir. Bu  $F$  kuch qo'yilgan  $O$  nuqta chizg'ichning og'irlik markazidan iboratdir.

Shundan keyin o'quvchilarga turli geometrik shaklga ega bo'lgan bir jinsli jismlarni og'irlik markazlari qayerda bo'lishini ham ko'rsatib o'tamiz. Masalan, uchburchak shaklidagi plastinkaning og'irlik markazi uning medianalari kesishish nuqtasida bo'ladi, parallelogramm shaklidagi jismning og'irlik markazi dioganallarining kesishish nuqtasida bo'ladi. Doiraning og'irlik markazi diametrlarining kesishgan nuqtasida bo'ladi va hokazo.

O'quvchilarga ba'zi bir jismlarning og'irlik markazi o'zidan tashqarida ham bo'lishi mumkinligini, masalan, xalqaning og'irlik markazi radiuslari kesishgan nuqtada bo'lishini aytib, xalqani turli yerlaridan ip bog'lab tortib, kuch radius bo'ylab yo'nalganda ilgari lanma harakat qilishini ko'rsatamiz. Bu radiuslarning kesishish nuqtasi og'irlik markazi ekanini ko'rsatamiz.

Og'irlik markazini aniqlashning yana bir usulini ko'rsatib o'tamiz. Bu usul o'quvchilar uchun ancha oson va qulay bo'lib, unda ixtiyoriy shakldagi, turli qalinlikdagi va turli jinsli jismlarning og'irlik markazlarini aniqlash imkoni tug'iladi. Bu usulda jismni turli yerlaridan ipga ilib, uni muvozanatga keltiramiz. Bu vaqtda og'irlik kuchi ip bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Shu ip bo'ylab jismga chiziq chizamiz. Jismning boshqa nuqtalaridan ham ilib, yuqoridagi kabi chiziqlar chizamiz. Bu chiziqlar kesishgan nuqta jismning og'irlik markazidan iborat bo'ladi. Turli jismlarni olib tajribada ularning og'irlik markazlarini aniqlab ko'rsatamiz.

Jismlarning og'irlik markazlari bilan massa markazlari ustma-ust tushgani uchun, jismga qo'yilgan og'irlik kuchi massa markaziga qo'yilgan deyishimiz mumkin. Demak, yuqoridagi tajribalar orqali massa markazi ham topilgan bo'ladi.

## 37-§. QATTIQ JISMNING MUVOZANAT TURLARI

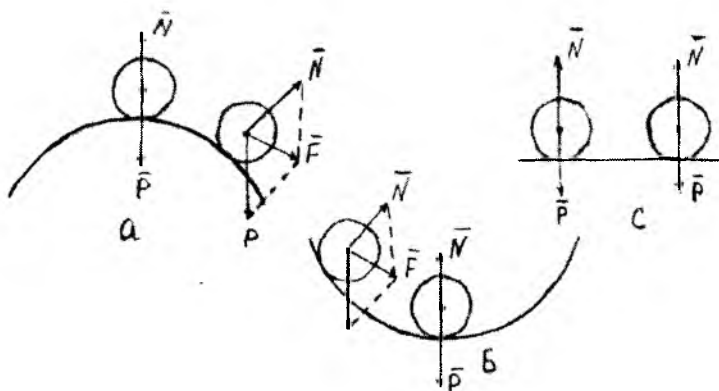
Qattiq jismlarning muvozanati uch tur bo'lishini, ular turg'un, turg'unmas va befarq muvozanatlardan iboratligini aytib, bu muvozanatlarni tajribalar orqali tushuntiramiz.

Qabariq, botiq va gorizontal holdagi tagliklar olib, ularga shar qo'yib, qaysi holatda qanday muvozanatda bo'lishini ko'rsatamiz.

Qavariq taglikning tepasida turgan sharchaning muvozanati turg'unmas ekanligi birinchi ko'rishdayoq ko'rinib turadi: uni muvozanat vaziyatidan ozgina chiqarsak dumalab tushib ketadi. Bunga sabab sharcha muvozanat vaziyatidan chiqarilganda og'irlik kuchi bilan reaksiya kuchlari orasida teng ta'sir etuvchi kuch hosil bo'lib, bu kuch do'nglikdan pastga yo'nalgani uchun sharni muvozanat vaziyatidan uzoqlashtiradi (80a-rasm).

Bu muvozanat turg'unmas muvozanatdir.

Endi sharchani botiq taglikka qo'yaylik. Bu vaqtda uni joyidan chiqarish oson emas. Sharchaning bu muvozanatini turg'un muvozanat deb yuritiladi, chunki uni ozgina muvozanat vaziyatidan chiqarsak og'irlik kuchi bilan reaksiya kuchi teng ta'sir etuvchi kuch hosil qilib, bu kuch sharchani avvalgi muvozanat vaziyatiga qaytaradi (80b-rasm).



80-rasm.

Sharni gorizontaal taglikka qo'yib (80c-rasm), uni ozgina siljitsak borgan yerida turaveradi. Sharchani taglikning qayeriga qo'ymaylik, o'sha yerda muvozanatda bo'laveradi. Bunga sabab, bu holda og'irlik kuchi bilan reaksiya kuchi qarama-qarshi yo'nalishda qolaveradilar, ularning teng ta'sir etuvchisi nolga teng bo'ladi. Bu muvozanat befarq muvozanatdan iboratdir.

Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismlar ham turg'un, turg'unmas va befarq muvozanatlarda bo'lishi mumkin. Masalan, chizg'ichni og'irlik markazidan va undan naribroq yeridan teshikchalar ochamiz. Chizg'ichni uchrog'idagi teshikchasi bilan mixga ilib, osiltirib qo'yib (og'irlik markazi mixdan pastda) turg'un muvozanatni, yuqoriga tik qo'yib (og'irlik markazi mixdan yuqorida), turg'unmas muvozanatni, o'rtadagi teshikchasi bilan mixga ilib, befarq muvozanatni hosil bo'lishini yuqoridagi kabi (sharcha muvozanati kabi) tushuntiramiz.

Turg'un va turg'unmas muvozanat vaziyatlari bir-biridan jismning og'irlik markazining o'rni bilan farq qilishini tushuntiramiz: sharcha turg'unmas muvozanat vaziyatida bo'lganda uning og'irlik markazi har qanday qo'shni vaziyatlaridagidan yuqori turadi. Aksincha turg'un muvozanatda sharchaning og'irlik markazi qo'shni vaziyatlaridagidan pastda bo'ladi.

Demak, jism turg'un muvozanatda bo'lishi uchun uning og'irlik markazi o'zining mumkin bo'lgan vaziyatlaridan eng pastkisida turishi kerak.

Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismning og'irlik markazi aylanish o'qidan pastda bo'lganda bu jism turg'un muvozanatda bo'ladi.

Biz jism tayanch nuqtaga va aylanish o'qiga ega bo'lgan hollardagi muvozanatni ko'rib chiqdik. Jism biror sirtga tayanadigan hol ham muhimdir. Buni ham o'quvchilarga tajriba yordamida tushuntiramiz.

Gorizontaal sirtga turgan prizma turg'un muvozanatda bo'ladi, chunki sirtning reaksiya kuchi og'irlik kuchini muvozanatlaydi. Og'irlik kuchining (u og'irlik markaziga qo'yilishini bilamiz) ta'sir chizig'i tayanch yuzadan chetga



chiqib ketmaydigan qilib prizmani bir oz og'dirsak og'irlik kuchi uni avvalgi holatiga qaytaradi (chunki bu kuch tayanch nuqtaga yoki chiziqqa nisbatan aylantiruvchi moment hosil qilib, prizmani avvalgi holatiga qaytaruvchi yo'nalishda bo'ladi).

Prizmani yanada ko'proq burchakka bursak og'irlik kuchining ta'sir chizig'i prizmaning tayanch yuzasidan chetga chiqib ketadi va uni yanada ko'proq og'diradi va yiqitadi (chunki tayanch nuqtaga yoki chiziqqa nisbatan aylantiruvchi moment hosil qilib, uning yo'anilish avvalgi holatidan uzoqlashtiruvchi yo'nalishda bo'ladi).

Shunday qilib, jism turg'un bo'lishi uchun uning og'irlik kuchining ta'sir chizig'i tayanch sirtini kesib o'tish zarurdir. Jismning og'irlik markazi tayanch sirtga qancha yaqin bo'lsa turg'unligi shuncha katta bo'ladi. buni gugurt qutisida ko'rsatamiz. Gugurt qutisini tikka qilib qo'ysak uning turg'unligi kam bo'ladi, chunki uni ozgina muvozanat holatidan chiqarsak u dumalab tushadi. Agar gugurt qutisini (yoki prizmani) yotqizib qo'ysak, uning og'irlik markazi tayanch yuzaga juda yaqin bo'ladi, tayanch yuza ham katta bo'ladi. bu vaqtda gugurt qutisini muvozanat vaziyatidan ko'proq chiqarsak ham u avvalgi haolatiga qaytib keladi, og'irlik kuchinnig ta'sir chizig'i tayanch yuzadan o'tadi.

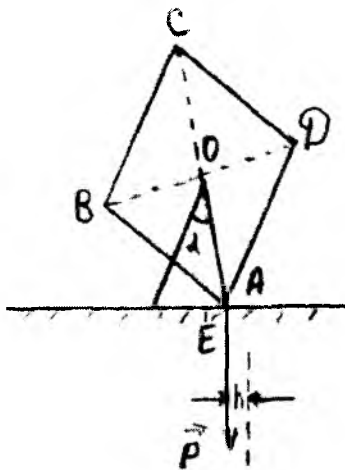
Tajribadan shunday xulosa chiqaramiz: Muvozanat tayanch sirtiga va og'irlik markazining tayanch sirtiga yaqin-uzoqligiga bog'liq ekan. Jismning tayanch sirti katta bo'lsa va og'irlik markazi bu sirtga yaqin bo'lsa, uning turg'unligi katta (turg'unroq) bo'ladi.

Jismning tayanch sirti (yuzasi) deganda hamma vaqt ham uning tayanch sirtga tegib turadigan sirtini tushunmaslik lozimligini, masalan, stol sirtga faqat to'rtta oyoqlari bilan tegib turishini, lekin stolning tayanch sirti uning hamma oyoqlarini to'g'ri chiziqlar bilan birlashtirganda hosil bo'ladigan kontur (to'rtburchak) ichining sirtidan iboratligini uqdirib o'tamiz. Uch oyoqli shtativning tayanch sirti oyoqlarini tutashtiruvchi kesmalardan hosil bo'lgan uchburchakning yuzasidan iboratdir.

Imoratlarning tayanch yuzalarini katta qilib, uning og'irlik markazini past bo'lishini ta'minlash uchun fundamentni betondan / qilib, yuqori qavatlariga ko'tarilgan sari ingichkalashtirib (xonalar sonini kamaytirib) boriladi. Bu ko'p qavatli imoratlarda amalga oshiriladi. Shu vaqtda ularning turg'unligi katta bo'ladi.

O'tilganlarga oid bir necha masalalar yechish maqsadga muvofiqdir.

1-masala. Og'irligi  $P=100\text{N}$  bo'lgan to'g'ri burchakli ABCD plastinkaning tomonlari  $AB=60\text{sm}$ ,  $AD=80\text{sm}$ . Plastinka qiyshaytirib qo'yilgan, uning AB asosi gorizont bilan  $\alpha=30^\circ$  burchak tashkil qiladi (81-rasm).



81-rasm.

A nuqtaga (qirraga) nisbatan plastinka og'irligining momenti topilsin.  $\gamma$  burchak qanday bo'lganda bu moment nolga teng bo'ladi?

Yechish.  $P$  og'irlik kuchining A nuqtaga nisbatan momenti ( $AE=h$  kuch yelkasidir):

$$M=Ph$$

Kuch yelkasi  $h$  ning qiymatini shakldan topamiz:

$$h=OA \sin(\alpha-\gamma)$$

bu yerdagi  $OA^2=OK^2+AK^2$

$$OA = \sqrt{\left(\frac{AD}{2}\right)^2 + \left(\frac{AB}{2}\right)^2} = \frac{1}{2} \sqrt{60^2 + 80^2} = 50 \text{ sm}$$

$$\sin(\alpha - \gamma) = \sin \alpha \cos \gamma - \sin \gamma \cos \alpha$$

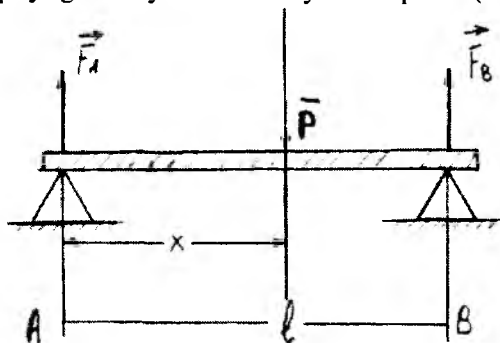
$$\text{shakldan } \cos \alpha = \frac{4}{5}; \quad \sin \alpha = \frac{3}{5}; \quad \text{va } \sin 30^\circ = \frac{1}{2}; \quad \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

ekanini e'tiborga olsak

$\sin(\alpha - \gamma) = 0$  bo'lsa og'irlik kuchining momenti nolga teng bo'ladi. demak,  $\alpha - \gamma = 0$  bo'lishi lozim. Bundan

$$\gamma = \alpha = \arcsin \frac{3}{5} = 36^\circ 52' 11''.$$

2-masala. Oraliq'i  $\ell$  bo'lgan AB balka vertikal tayanchlarga erkin tiralib turadi. Balkaga A tayanchdan X oraliqda vertikal  $\vec{P}$  kuch qo'yilgan. Tayanch reaksiyalari topilsin (82-rasm).



82-rasm.

Yechish. Tayanch reaksiyalarining vertikal ravishda yo'nalishi tabiiydir. Jism muvozanatda bo'lgani uchun unga qo'yilgan kuchlarning yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni:

$$F_A + F_B - P = 0 \quad (1)$$

A nuqtaga nisbatan kuchlarning momentlarini algebraik yig'indisi ham nolga teng bo'ladi:

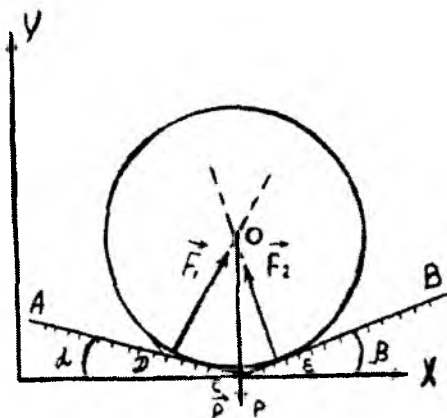
$$F_B \ell - P x = 0 \quad (2)$$

$$(2) \text{ dan } F_B \ell = PX; \quad F_B = \frac{X}{\ell} P \quad (3)$$

(3) ni (1) ga qo'yamiz:

$$F_A + \frac{X}{\ell} P - P = 0; \quad F_A = P - \frac{X}{\ell} P = \left(1 - \frac{X}{\ell}\right) P$$

3-masala.  $P=50\text{N}$  og'irlikdagi shar ikkita tekislikka tayanib turibdi (83-rasm).



83-rasm.

Bu tekisliklarning chap tomonidagisi gorizont bilan  $\alpha=35^\circ$ , o'ng tomonidagisi esa  $\beta=20^\circ$  burchak hosil qiladi. Tekisliklarning reaksiyasi topilsin.

Yechish: Sharga uchta kuch: uning og'irligi  $\vec{P}$  va tayanch reaksiyalari  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  ta'sir qiladi. Tayanch reaksiyalari  $\vec{F}_1$  va  $\vec{F}_2$  mos ravishda AC va BC tekisliklarga tik va demak, bu kuchlarning yo'nalishi sharning markazidan o'tadi. Og'irlik kuchi  $\vec{P}$  sharning markaziga qo'yilgan.  $\angle DOP = \alpha$ ;  $\angle EOP = \beta$  (tomonlari o'zaro perpendikulyar bo'lgan o'tkir burchaklar bo'lganligi uchun).

Hamma kuchlarning X o'qiga proyeksiyalarini olsak,  
 $F_1 \sin \alpha - F_2 \sin \beta = 0$ ;

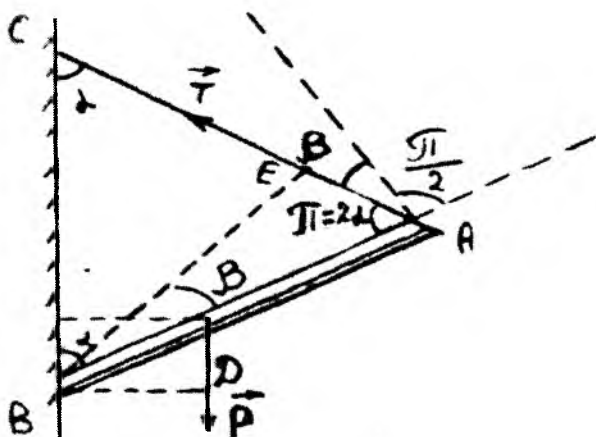
Hamma kuchlarning Y o'qiga proyeksiyalarini olsak,  
 $-P + F_1 \cos \alpha - F_2 \cos \beta = 0$

Bu ikki tengliklarni birgalikda yechib,  $F_1$  va  $F_2$  larni topamiz:

$$F_1 = \frac{P \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{50 \cdot \sin 20^\circ}{\sin 35^\circ} \approx 21,1 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{P \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{50 \cdot \sin 30^\circ}{\sin 35^\circ} \approx 3,5 \text{ N}$$

4-masala. AB yog'ochning pastki B uchi sharnirli biriktirilgan bo'lib, yuqori A uchiga arqon bog'lanib, bu AC arqon yog'ochni muvozanatda ushlab turadi (84-rasm). Yog'ochning og'irligi  $P$ ,  $\angle ABC = \angle BCA = \alpha$  bo'lsa arqonning taranglik kuchi qancha bo'ladi?



84-rasm.

Yechish. Yog'och muvozanatda bo'lgani uchun B nuqtaga nisbatan kuchlarning momentlarining yig'indisi nolga teng

bo'ladi.  $\vec{P}$  kuchning yelkasi  $BD = \frac{\ell}{2} \sin \alpha$  bo'lib, unda  $\ell$  - yog'ochning uzunligi T-taranglik kuchining yelkasi  $BE = \ell \cos \beta$  dan iborat.  $\vec{P}$  va  $\vec{T}$  kuchlarning momentlari yig'indisi nolga teng bo'ladi:

$$P \frac{\ell}{2} \sin \alpha - T \ell \cos \beta = 0$$

$$P \frac{\ell}{2} \sin \alpha = T \ell \cos \beta \text{ yoki } \frac{P}{2} \sin \alpha = T \cos \beta$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - (\pi - 2\alpha) = 2\alpha - \frac{\pi}{2}; \quad \cos \beta = \cos(2\alpha - \frac{\pi}{2}) = \sin 2\alpha;$$

$$\text{Shunday qilib } \frac{P}{2} \sin \alpha = T \sin 2\alpha;$$

$$\text{bundan } T = \frac{P \sin \alpha}{2 \cdot 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{P}{4 \cos \alpha}$$

Demak,

$$T = \frac{P}{4 \cos \alpha}$$

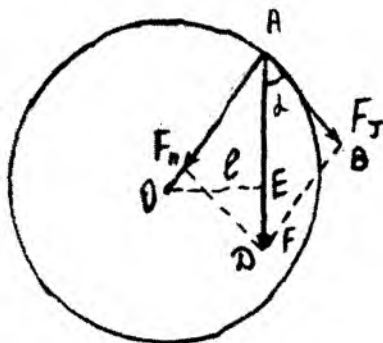
## 38-§. AYLANA HARAKATNING ASOSIY TENGLAMASI. INERTSIYA MOMENTI. IMPULS MOMENTI

Mexanik jarayonlarda amal qiladigan uchta saqlanish qonunlaridan ikkitasi maktab fizika kursida o'rganiladi, uchinchi ko'rilmaydi. Bu impuls momenti bo'lib, uni o'rganishning ahamiyati qattadir. Impuls momenti va uning saqlanish qonunini faqat mexanik hodisalarda emas, balki fizika kursining bo'limlarida ham ahamiyati kattadir (atom va yadro fizikasida, moddalarning magnit xossalari...).

Qattiq jism aylanma harakatiga oid masalalar akademik litseylarning fizika dasturida o'z aksini topgan. Shularni ko'rib chiqamiz.

O'quvchilarga jismning ilgarilanma harakatini uning bir nuqtasining (massa markazini) harakati deb qarash mumkinligini, uni Nyutonning ikkinchi qonuni asosida o'rganilishini ko'rib chiqqanimizni, aylanma harakatda qattiq jismning hamma nuqtalari turlicha tezlik va tezlanishlar harakat qilishini, burchak tezlik va burchak tezlanishlari bir xil bo'lishini aytib, keyin moddiy nuqtaning va qattiq jismning aylanma harakati dinamikasini ko'rib chiqamiz.

Agar jism biror kuch ta'sirida aylanayotgan bo'lsa, uning chiziqli (aylana bo'ylab) tezligini bu kuchning tangentsial tashkil etuvchisi o'zgartiradi. Masalan, ipga bog'langan Sharch (moddiy nuqta) aylantirilsa u ikki kuch: ipning elastiklik kuchi va og'irlik kuchi ta'sirida harakat qiladi. Elastiklik kuchi doim radius bo'ylab markazga yo'nalgan bo'lishini, og'irlik kuchi u bilan o'zgaruvchan burchak tashkil qilishini, ularning teng ta'sir etuvchisi ham o'zgarib turishini, shuning uchun shar tezlanishi ham o'zgarib turishini chizmada tushuntiramiz (85-rasm).



85-rasm.

Shundan keyin aylananing kichik qismida kuchni o'zgarmas deb qarash mumkinligini aytib, natijaviy kuch bilan aylanaga o'tkazilgan urunma (tangenstsiyal kuch) orasidagi burchakni  $\alpha$  bilan belgilab, tangentsial kuchni aniqlaymiz:

$$F_r = F \cos \alpha$$

Nyutonning 2-qonuniga ko'ra  $F_r = ma_r$  va  $a_r = \beta r$  ekanini e'tiborga olsak:  $\beta$  – burchakiy tezlanish

$$F \cos \alpha = m \beta r \quad (1)$$

Buni har ikki tomonini  $r$  ga ko'paytiramiz

$$F r \cos \alpha = m r^2 \beta \quad (2)$$

Ikkita burchakning mos tomonlari o'zaro perpendikulyar bo'lgani uchun bu burchaklar teng bo'ladi, ya'ni

$$\angle AOE = \angle BAD = \alpha$$

$F$  kuchning yelkasi  $OE = \ell = r \cos \alpha$  ekanini e'tiborga olsak

$$F \ell = m r^2 \beta \quad (3)$$

Bu tenglikning chap qismi aylanish o'qiga nisbatan kuch momentidan iboratdir:  $M = F \ell$  (4)

(3) ning o'ng tomonidagi  $m r^2$  xarakter tezligiga bog'liq bo'lmagan kattalik bo'lib, u aylanma harakatdagi jismning inetrlik xossasini xarakterlaydi: bu kattalik qancha katta bo'lsa, uning tezligini ortdirishga shuncha ko'p energiya talab etadi. Shuning uchun ham uni inertiya momenti deb yuritiladi. Uni quyidagicha ta'riflash mumkin.



Nuqta massasini aylanish radiusining kvadratiga ko'paytmasini shu nuqtaning aylanish markaziga nisbatan inertiya momenti deb yuritiladi va uni  $J$  harfi bilan belgilanadi. Demak,

$$J=mr^2 \quad (5)$$

(4) va (5)ni (3) ga qo'ysak.

$$M=J\beta \quad (6)$$

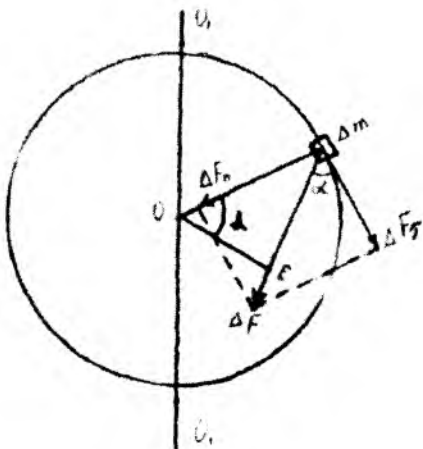
Agar kuch vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa ham (4) tenglama o'shanday ko'rinishda qolishini, faqat  $M$  va  $\beta$  lar vaqtning funktsiyasi bo'lib qolishini aytib o'tamiz.

Inertiya momenti skalyar, burchak tezlanish vektor bo'lgani uchun kuch momenti ham vektor bo'lib, uning yo'nalishini o'ng parma qoidasiga ko'ra aniqlanishini o'quvchilarning eslariga tushiramiz: parma dastasini kuch yo'nalishida aylantirganimizda uning ilgariylanma harakati qaysi tomonga bo'lsa kuch momenti ham Shu tomonga yo'nalgan bo'lib, u aylanish o'qi bo'ylab qo'yiladi.

Shundan keyin qattiq jismning qo'zg'olmas aylanish o'qiga nisbatan aylanishini ko'rib chiqishga o'tamiz.

Qo'zg'olmas o'qqa mahkamlangan jism kuch ta'sirida aylanma harakatga kelsa, bu kuchning aylantiruvchi ta'siri uning hamma qismlarga berilishini, shuning uchun bu kuchning momentini aniqlash uchun uni qismlarga bo'lib o'rganish lozimligini aytib, uni ko'rsatamiz.

Jismni shunday kichik elementlarga bo'lamizki, ixtiyoriy elementdagi hamma nuqtalardan aylanish o'qigacha masofasi bir xil bo'lsin. Element massasini  $\Delta m$ , unga ta'sir etuvchi kuchni  $\Delta \vec{F}$  bu kuch bilan element traektoriyasiga o'tkazilgan urunma orasidagi burchakni  $\alpha$  desak har bir element uchun (2) tenglik o'rinlidir, ya'ni (86-rasm)  $\Delta F \Delta r \cos \alpha = \Delta m \Delta r^2 \beta$  o'rinlidir.



86-rasm.

Hamma elementlar uchun shunday tengliklarni yozib, ularning yig'indisini olamiz.

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i \Delta r_i \cos \alpha_i = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \Delta r_i^2 \beta_i \quad (7)$$

Absolyut qattiq jism uchun hamma elementlarning burchak tezlanishlari bir xil bo'lgani uchun

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i \Delta r_i \cos \alpha_i = \beta \sum_{i=1}^n \Delta m_i \Delta r_i^2 \quad (8)$$

Yuqorida ko'rganimizdek  $OE = \Delta \ell_i = \Delta r_i \cos \alpha_i$  bo'ladi.

$\sum_{i=1}^n \Delta m_i \Delta r_i^2$  - alohida elementlarning inertiya momentlarining yig'indisi bo'lib, u jismni aylanish o'qiga nisbatan inertiya momentidir, ya'ni  $J = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \Delta r_i^2$

Bularni e'tiborga olib (8) ni quyidagicha yoza olamiz.

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i \Delta \ell_i = J \beta \quad (9)$$

$\Delta F \Delta \ell = \Delta M$ -elementga qo'yilgan kuch momentidir

$\sum_{i=1}^n \Delta F_i \Delta \ell_i = \sum_{i=1}^n \Delta M_i = M$  - jismga qo'yilgan kuchning momenti

Bularni e'tiborga olib, (9) tenglikni quyidagicha yoza olamiz.

$$M = J\beta \quad (10)$$

(10) qattiq jism aylanma harakatining asosiy tenglamasidir.

Buni ilgarilanma harakatning asosiy tenglamasi  $\vec{F} = m\vec{a}$  bilan solishtirsak, kuch o'rnida kuch momenti, massa o'rnida inertsiya momenti, chiziqli tezlanish o'rnida burchak tezlanish bo'ladi.

Aylanma harakatda kuchlarning aylantiruvchi momentlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'lsa jism tekis aylanma harakat qiladi. Ilgarilanma harakatda teng massali jismlarga bir xil tezlanish beruvchi kuchlar teng bo'ladi.

Aylanma harakatda bir kuch aylanish o'qidan uzoq yoki yaqin nuqtaga qo'yilishiga qarab turlicha tezlanish beradi. O'qqa yaqin nuqtaga qo'yilsa momenti kichik, uzoq nuqtaga qo'yilsa momenti katta bo'ladi.

Momentlari bir xil bo'lgan kuchlar ta'sirida jismlar bir xil burchak tezlanish olsalar, bu jismlarning inertsiya momentlari bir xil bo'ladi.

Agar  $M = \text{const}$ ,  $J = \text{const}$  bo'lsa,  $\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$  ekanini e'tiborga olib (10) ni quyidagicha yozamiz:

$$M = J \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \text{ yoki } M\Delta t = J\omega - J\omega_0 = \Delta(J\omega)$$

Bu yerdagi  $M\Delta t$  ni kuch momentining impulsi deb,  $J\omega$  ni jism impulsining momenti deb atalishini, bundan jism impulsiga teng bo'linishini ilgarilanma harakatdagi Shunday xulosa ( $F\Delta t = mV - mV_0$ ) bilan solishtirib tushuntiramiz.

Shu yerda o'quvchilarga jism impulsi momentining saqlanish qonunini qisqacha tushuntirib ketish maqsadga muvofiqdir. Bir necha jism berk sistemani tashkil qilsin.

Jismning impuls momentining o'zgarishi unga qo'yilgan tashqi kuchlarning momentiga bog'liqdir. Agar jismga tashqi kuchlar ta'sir etmasa yoki ularning teng ta'sir etuvchisi aylanish o'qiga nisbatan aylantiruvchi moment hosil qilmasa ( $M=0$ ), u holda jism impulsining momentini o'zgarishi nolga teng bo'ladi, ya'ni  $\Delta(J\omega)=M\Delta t=0$  bo'ladi.  $J\omega$  kattalikning o'zgarishi nolga teng bo'lsa, bu kattalikning o'zi o'zgarmas bo'ladi:  $J\omega=\text{const}$ .

Demak, berk sistemada (unga hech qanday kuchlar momenti ta'sir qilmaydi) undagi hamma jismlarning to'la impuls momentlari o'zgarmaydi:  $J\omega_1+J_2\omega_2+\dots=\text{const}$ .

Bu impuls momentining saqlanish qonunidir.

Bir jismning impuls momentini ortishi boshqa jismlarnikini o'shanchaga kamayishi bilan kompensatsiyalanadi.

Impuls momentining bir jismga tadbiiq etsak muhit bilan o'zaro ta'sir bo'lmaganda  $J\omega=\text{const}$  bo'ladi. Jismning inertiya momenti harakat vaqtida ham o'zgarib turishi mumkin, bu vaqtda  $J$  ortsa  $\omega$  kamayadi va aksincha.

Impuls momentining saqlanish qonunini Jukovskiy kursisida namoyish qilib ko'rsatamiz.

Tekis aylanayotgan skameyka ustidagi odamning yoziq qo'llarida toshlar ushlab turgan. Bu vaqtdagi uning impuls momenti  $J_0\omega_0$ , odam qo'llarini tushirganda aylanish tezlashib ketishini ko'ramiz. Bu vaqtdagi odamning impuls momenti  $J_1\omega_1$ , qo'lni tushirganda odamning kursi bilan inertiya momenti kamayadi, burchak tezligi ortadi. Umumiy impuls momenti o'zgarmaydi, ya'ni  $J_1\omega_1=J_0\omega_0$  yoki  $mr_1^2\omega_1=mr_0^2\omega_0$  bundan  $r_1^2\omega_1=r_0^2\omega_0$

Agar  $r_0>r_1$  bo'lsa  $\omega_0<\omega_1$  va aksincha  $r_0<r_1$  bo'lsa  $\omega_0>\omega_1$  bo'ladi. Buni tajribada aniq kuzatiladi.

Shundan keyin ba'zi bir jismlarning inertiya momentlarin hisoblash formulalarini isbotsiz ko'rsatamiz. U ko'pgina adabiyotlarda berilgan (masalan, 2-ga qaralsin).

### 39-§. AYLANMA HARAKAT QILAYOTGAN JISMNING KINETIK ENERGIYASI

Biror o'q atrofida aylanayotgan jismning bir elementining kinetik energiyasi

$$\Delta E_k = \frac{\Delta m \Delta \vartheta^2}{2} \quad (1)$$

$\Delta \vartheta = \omega \Delta r$  bo'lgani uchun (hamma elementlarning burchak tezliklari bir xil bo'ladi).

$$\Delta E_k = \frac{\Delta m \omega^2 \Delta r^2}{2} \text{ kabi yoza olamiz.}$$

Jismning kinetik energiyasi uning hamma elementlarining kinetik energiyalari yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$\sum_{i=1}^n \Delta E_{ki} = \sum_{i=1}^n \omega^2 \frac{\Delta m \Delta r_i^2}{2} = \omega^2 \sum_{i=1}^n \Delta m \Delta r_i^2 \text{ bu yerda}$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta m \Delta r_i^2 = J \text{ inertsiya momentidir. U holda}$$

$$E_k = \frac{J \omega^2}{2}$$

Dinamikadan bizga ma'lumki, energiyaning o'zgarishi bajarilgan ishga teng bo'ladi, ya'ni  $A = \frac{J \omega^2}{2} - \frac{J \omega_0^2}{2}$

Agar jism ham ilgarilanma, ham aylanma harakat qilsa, uning kinetik energiyasi ilgarilanma va aylanma harakat kinetik energiyalarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$E_k = \frac{m \vartheta^2}{2} + \frac{J \omega^2}{2}$$

O'tilganlarga masalalar yechib o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

1-masala. Qiya tekislikning  $h_1$  balandligidan radiusi  $R$  bo'lgan disk dumalab tushmoqda. Diskning  $h_2 < h_1$  balandlikdagi massa markazining tezligi aniqlansin. Ishqalanish e'tiborga olinmasin.

Yechish. Diskning energiyasi uchta energiyalar yig'indisidan iborat deb qarash mumkin: 1) potentsial energiya  $E_n = mgh$ , bunda  $h$ -diskning massa markazining balandligi, 2) ilgariylanma harakat kinetik energiyasi

$E_k = \frac{m\vartheta^2}{2}$ , bunda  $m$ -disk massasi,  $V$ -massa markazining tezligi, 3) inertsiya (massa) markazi atrofida diskning

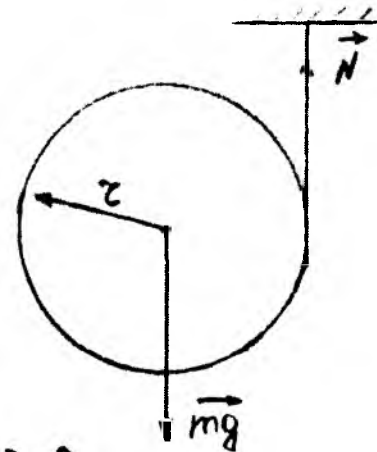
aylanish kinetik energiyasi:  $E_{ayl} = \frac{J\omega^2}{2} = \frac{mR^2\omega^2}{2 \cdot 2} = \frac{m\vartheta^2}{4}$

energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra:

$$Mgh_1 = mgh_2 + \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{m\vartheta^2}{4}$$

$$\text{Bundan } V = \sqrt{\frac{4}{3}g(h_1 - h_2)}$$

2-masala. Massasi  $m$ , radiusi  $r$ , o'z o'qiga nisbatan inertsiya momenti  $J$  bo'lgan  $g$ 'altakka vaznsiz ip o'ralgan. Ipnning bir uchini yuqoriga bog'lab  $g$ 'altakni qo'yib yuborsak u og'irlik kuchi ta'sirida pastga tushadi. Uning harakat oxiridagi kinetik energiyasi qancha bo'ladi (87-rasm).



87-rasm

Yechish. G'altakning harakat qonunlarini yozamiz:  
 $Mg - N = ma$

$$Nr = J\beta = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Bulardan  $N = mg - ma$

$$N = \frac{J\beta}{r}$$

yoki  $mg - ma = \frac{J\beta}{r} = \frac{J\beta r}{r \cdot r} = \frac{Ja}{r^2}$

$$mg = ma + \frac{Ja}{r^2} = m\left(1 + \frac{J}{mr^2}\right)a$$

$$\text{bundan } a = \frac{g}{1 + \frac{J}{mr^2}}$$

Agar vaqtni g'altakni qo'yib yuborgan vaqtdan boshlasak, u t sekunda  $h = \frac{\vartheta^2}{2a}$  masofaga tushadi.

Bu vaqtda g'altakning to'la kinetik energiyasi uning potentsial energiyasining o'zgarishiga teng bo'ladi:

$$E = mgh = mg \frac{\vartheta^2}{2a};$$

Bunga a ni qiymatini qo'yamiz va quyidagini hosil qilamiz:

$$E = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

3-masala. Yengil odam yoziq turgan qo'llarida gantellar ushlagan holda Jukovskiy kursida 1 ayl/s tezlik bilan aylanmoqda. U qo'llarini gantellari bilan yig'ib ko'kragiga bosib olsa qanday tezlik bilan aylanadi?

Yechish. Aytaylik avval gantellar aylanish o'qidan 60 sm, keyin 10 sm masofada bo'lsin. odamning impuls momenti gantellarnikiga nisbatan kichik bo'lib, uni e'tiborga

olmaymiz. Gantellarning boshlang'ich tezligi  $\vartheta_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1}$

(bunda  $R_1=60$  sm;  $T_1=1$ s);

Boshlang'ich to'la impuls momenti:

$$2R_1 M V_1 = 4\pi M \frac{R_1^2}{T_1}; \quad (M\text{-har bir gantelning massasi}). \text{ Qo'lni}$$

yig'ilgandan keyingi to'la impuls momenti:

$$2R_2 M \vartheta_2 = 4\pi M \frac{R_2^2}{T_2}; \quad (R_2=10 \text{ sm});$$

Impuls momentining saqlanish qonuniga ko'ra bu ikki munosabat teng bo'ladi. Ularni tenglashtirib quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{R_1^2}{T_1} = \frac{R_2^2}{T_2}; \quad T_2 = \frac{R_2^2}{R_1^2} T_1; \quad T_2 = \frac{100}{3600} \cdot 1 \text{ s} = \frac{1}{36} \text{ s}$$

Demak, odam qo'llarini yig'ganda  $n = \frac{1}{T_2} = 36$  ayl/s tezlik bilan aylanadi.



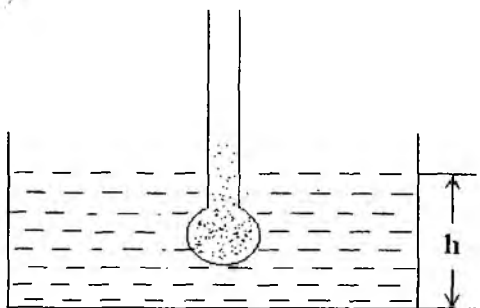
## 4-BOB. GIDROAEROSTATIKANI O'QITISH USLUBI

### 40-§. SUYUQLIK VA GAZLARNING BOSIMI

Maktabda o'quvchilar bosim va uning birligi bilan tanishganlar. Uni qisqacha qaytarib, ularga bir oyoq bilan, keyin ikki oyoq bilan turganda bosimi qanday bo'lishini, xamda stolning bosimini hisoblashga misollar berib, o'zaro ta'sir qiluvchi jismlarning tegib turgan yuzalarini to'g'ri aniqlashga o'rgatamiz.

Shundan keyin suyuqlik va gazlarning og'irlik kuchi tufayli yuzaga beradigan bosimni ko'rib o'tamiz. Bu yerda o'quvchilarni qidiruv faoliyatlarini quyidagicha ketma-ketlikda tashkil qilishimiz mumkin. Polietilek xaltaga suv quysak u shishadi. Bundan suv xaltani tubiga va devorlariga bosadi, degan xulosani chiqarib, keyin tajriba yordamida quyidagi savollarni xal qilamiz: 1) Xaltaning tubiga va devorlariga faqat suvgina bosadimi? 2) Suyuqlik ixtiyoriy jismdan qilingan idishning tubiga va devorlariga bosim beradimi? 3) suyuqlik ichida bosim mavjudmi? 4) Bu bosim nimaga bog'liq? 5) Suyuqlik ichida ma'lum bir satxda (qavatda) bosim qanday bo'ladi? Birinchi ikki savolning javobi tushunarli va sodda, unga to'xtalmaymiz. Keyingi savolga sifat tomondan javob beramiz, chunki manometrlar haqida o'quvchilar hali tushunchaga ega emaslar.

Shisha naycha olib, uning bir uchiga bolalarning o'yinchoq havo sharini bog'laymiz va unga rangli suv quyamiz. Uni baland idishga quyilgan suvga botirib, ma'lum bir chuqurlikka tushiramiz. Suvning bosimi ta'sirida shar siqiladi, natijada uning ichidagi rangli suv naycha bo'ylab ko'tarilib, suv ustuni bilan tenglashadi (88-rasm).



88-rasm.

Sharni yuqoriga, pastga va yon tomonlarga surib suv ichidagi bosim ma'lum bir satxda xamma yo'nalishlarda bir xil bo'lishini, chuqurlik ortishi bilan bosim xam ortishini ko'rsatamiz. Keyin suv o'rniga boshqa suyuqlik (masalan, tuzning suvdagi eritmasini) quyib tajribani takrorlaymiz va bu xolda xam yuqoridagi kabi xulosalarni olamiz. Bundan tashqari bir xil chuqurlikda (satxda) zichligi katta bo'lgan suyuqlikning bosimi zichligi kichik bo'lgan suyuqlik bosimidan katta bo'lishin xam ko'rsatamiz. Agar imkoni bo'lsa tajribalarni frontal ravishda bajarilsa yanada yaxshi bo'ladi. Tajribalardan quyidagi xulosalarni chiqaramiz: suyuqlik ichida bosim mavjud bo'lib, ma'lum bir chuqurlikda (satxda) u xamma yo'nalishlarda bir xil bo'ladi, chuqurlik ortishi bilan bosim ortib boradi, suyuqlik zichligi ortib borsa ma'lum bir satxdagi bosimi xam ortib boradi.

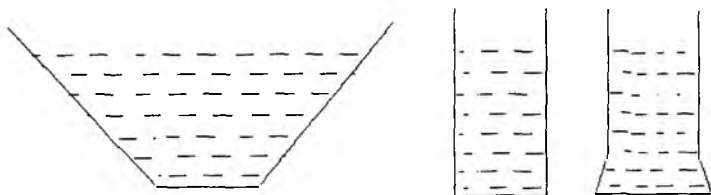
Shundan keyin suyuqlikning idish tubi va devorlariga beradigan bosimini hisoblash formulasini keltirib chiqaramiz.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho \cdot \vartheta \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot Sh \cdot g}{S} = \rho gh \quad P = \rho gh$$

Bu yerda  $\rho$ -suyuqlik zichligi,  $h$ -suyuqlik ustuni balandligi,  $g$ -erkin tushish tezlanishi.

Formuladan ko'ramizki, suyuqlikning bosimi uning zichligi va balandligiga bog'liq bo'lib, asosining yuziga bog'liq emas. Buni quyidagicha tajribada ko'rsatishimiz mumkin. Asoslarning yuzalari bir xil bo'lgan uch xil shakldagi idishlarni asoslariga (ular ochiq bo'ladi) bolalarning

o'yinchoq havo sharidan bir xil taranglikda tortib bog'laymiz. Ularning hammasiga bir xil balandlikda suv quyamiz. Idishlardagi suvlarning miqdorlari bir xil bo'lmasada, ularning xammasini idish tubiga bosimi bir xil bo'lishini ko'ramiz (89-rasm).



89-rasm.

Gazlar ham o'zi turgan idish devorlariga va undagi har qanday jismga bosim berishini quyidagicha tushuntiramiz. Gaz molekulalari tartibsiz xarakat qilib idish devorlariga va undagi jismlarga urilishlari natijasida bosim beradi. Agar idish devorlari va Yerning tortish kuchi bo'lmaganda edi, gaz molekulalari turli tomonlarga tarqalib ketgan bo'lardi. Gaz molekulalari tartibsiz harakat qilgani uchun, idishda ularning soni juda ko'p bo'lib, gazda hamma yerda bosim bir xil bo'ladi. Gazning bosimi harakatga va xajmiga bog'liq bo'ladi. Buni tajribada namoyish qilib ko'rsatamiz.

#### 41-§. TUTASH IDISHLAR. MANOMETRLAR

Namoyish stoliga ikkita shisha naychalarni tik qilib qo'yib, ularning pastki tomonlarini rezina nay bilan birlashtiramiz va o'rtasidan qisib qo'yamiz. Shisha nayning bittasiga suv quyamiz. Qisqichni bo'shatsak suv ikkala naychada qanday taqsimlanadi, degan savolni qo'yamiz. O'quvchilar javobini tajribada ko'rsatamiz. Keyin naychalardan birini ko'tarib, tushirib, qiyalatib idishlarda bir jinsli suyuqliklar bir xil satxda turishi ko'rsatiladi va quyidagi xulosani chiqaramiz: Tutash idishlarda bir jinsli suyuqlik bir xil balandlikda bo'ladi. Haqiqatan ham  $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$ ;  $\rho_1 = \rho_2$  bo'lgani uchun  $h_1 = h_2$  bo'ladi. Bu tutash idishlarning birinchi qonunidir.

Shundan keyin U shakldagi shisha nay olib unga turli zichlikdagi suyuqliklar quyib, ularning chegarasini naychanning ostki o'rtasiga keltiramiz. Bu vaqtda har ikki tomondagi suyuqliklarning bosimlari teng bo'ladi, zichligi katta bo'lgan suyuqlik ustuni balandligi kichik bo'lganini, zichligi kichik bo'lgan suyuqlik ustunining balandligi katta bo'lganini o'quvchilarga ko'rsatib, undan quyidagicha xulosani chiqaramiz: tutash idishlarda suyuqlik ustuni balandligi zichligiga teskari proporsional bo'ladi. Haqiqatan ham suyuqliklarning chegarasi o'rtada bo'lganda ularning bosimlari teng bo'ladi, ya'ni  $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$  bundan  $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$  yoki  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$ . Bu tutash idishlarning ikkinchi qonunidir.

O'quvchilarga tutash idishlardan foydalanib suyuqlik ichidagi bosimni o'lchaydigan asboblarni tayyorlangani ularni manometrlar deb atalishini aytib uning tuzilishini va qanday qilib o'lchash lozimligini tajribada ko'rsatamiz. Shu yerda suyuqlikning ixtiyoriy bir satxidagi bosimi hamma yo'nalishlarda bir xil bo'lishini, suyuqlikning tubiga tushgan sari uning bosimini ortishini ham namoyish qilib ko'rsatamiz.

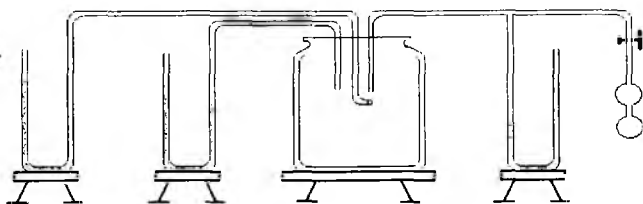
#### 42-§. PASKAL QONUNI.

Paskal qonuni suyuqlik va gazlardagi bosimga bog'liq bo'lgan hamma masalalarning nazariy asosi hisoblanadi. Uni quyidagicha hayoliy eksperiment yordamida kiritamiz. O'quvchilar bilan gazning xajmi o'zgaranda uning zarrachalarining taqsimlanishini ko'rib chiqamiz. Buning uchun nazariy ravishda gazi (yoki suyuqligi) bo'lgan idishni ko'rib chiqamiz. Avval gaz (suyuqlik) molekullari butun idish xajmi bo'ylab tekis taqsimlangan bo'ladi. Agar idish xajmini kamaytirsak (tsilindr porshenini surish orqasi,...) zarralarning joylashishida qanday o'zgarishlar bo'lishini o'quvchilar bilan muxokama qilamiz. O'zlarining harakatchanligi tufayli zarrachalar xamma yo'nalishlar bo'ylab siljiydilar. Natijada avval siqilish paytida zarrachalar notekis joylashib, keyin yana tekis taqsimlanadilar, lekin

zichroq joylashadilar. Buning natijasida gazning (suyuqlikning) idish devorlariga bosimi ortadi, chunki birlik yuzaga birlik vaqtda kelib uriladigan zarralar soni ortadi. Bu muxokama Paskal qonunini ta'riflashga tayyorlaydi: "Suyuqlik (gaz) o'ziga berilgan tashqi bosimni xamma nuqtalariga o'zgarishsiz uzatadi".

Suyuqliklarda bosim mexanizmi gazlardagiga nisbatan boshqacharoq. Suyuqlikni, masalan yopiq idishda porshenni surish orqali siqish mumkin. Biror kuch bilan suyuqlik sirtiga ta'sir qilib, uning xajmi kamaytiriladi. Bunda suyuqlikda elastik kuchlar (molekulalarning o'zaro itarish kuchlari ortib ketadi) paydo bo'ladi, bu kuchlar suyuqlikning barcha nuqtalarida, Shuningdek idish devorlariga bosim xosil qiladi. Suyuqlik molekulalari erkin harakatchan bo'lgani uchun suyuqlik egallagan xajmning xamma nuqtalarida bosim bir xil bo'ladi.

Paskal qonunini tushuntirishda tajribalardan keng foydalanib boramiz. Uni ta'riflaganimizdan keyin Paskal shari yordamida tajriba qilib ko'rsatamiz. Paskal qonuni bu – miqdoriy qonundir. Uning miqdoriy tomonlarini quyidagicha tajriba yordamida ko'rsatishimiz mumkin (90-rasm).



90-rasm.

Shisha banka qapqog'idan 3 ta shisha naycha tushirib ularni manometrlarga ulanadi. Shisha banka qapqog'i va naychalar yonidan gaz o'tmaydigan qilib mustaxkam yopiladi. Bankaga nok orqali havo yuborib uning ichidagi bosim ortdiriladi. Bu tashqi bosimni uchchala manometrlar bir hilda ko'rsatadilar. Bu manometrlar yordamida tashqi bosim qancha ekanini aniqlay olamiz. 1-manometr tashqi berilayotgan bosimni

ko'rsatadi. 2- va 3- manometrlarning ko'rsatishlari xam 1-  
dagi kabi bo'lib, ular gaz (suyuqlik) tashqi bosimni  
o'zgarishsiz uzatilishini ko'rsatadi. Shundan keyin paskal  
qonunining qo'llanishlariga to'xtalib o'tamiz (Bu yerda  
gidravalik pressni ko'rib chiqamiz).

### 43-§. ATMOSFERA BOSIMI

Bu mavzuni shunday o'qitish kerakki, o'quvchilar Yerning  
havo qatlami ichidagi hamma jismlarga va Yer sirtiga bosim  
berishini, atmofera bosimi balandlikka bog'liqligini, uni  
o'lchashni yaxshi o'zlashtirsinlar.

O'quvchilar hamma jismlar molekullardan tashkil  
topganligini, havo ham bir necha gaz aralashmalaridan  
iboratligini biladilar. Ularga qattiq jism va suyuqliklarning  
massalarini tortish orqali aniqlanishi kabi gazlarning xam  
massalarini aniqlanishini aytib, havo ham massaga ega  
bo'lishini, uni Yer o'ziga tortgani va molekullarining  
tartibsiz harakati tufayli jismlarga va Yer sirtiga bosim  
berishini tushuntiramiz. bu yerda naychada porshen ketidan  
suvning ko'tarilishini, bo'shliqdagi fontanni,... tajribada  
ko'rsatib, haqiqatan ham atmosfera bosimining mavjudligini  
ko'rsatamiz.

Shu yerda o'quvchilarga atmosfera bosimi tushunchasini  
birinchi bo'lib G.Galileyning shogirdi Italiya olimi  
E.Torichelli kiritganini aytib o'tamiz.

Molekullarning tartibsiz harakati Yer atmosferasining  
qisman tarqalishiga olib kelishi mumkinligini, buning uchun  
molekullarning tezliklari birinchi kosmik tezlikdan katta  
bo'lishi lozimligini, bunday tezlikdagi molekullar yo'qligi,  
Shuning uchun ular Yerning tortish kuchini yengib keta  
olmasliklarini uqdiramiz. Agar planeta o'z atmosferasini  
qanchalik kuchsiz o'ziga tortsa uning tarqalishi shunchalik  
tez sodir bo'ladi. Yerdagiga qaraganda, og'irlik kuchi Oyda  
va Merkuriyda mos ravishda 6 marta va 2,5 marta kichik  
ekanligini, shuning uchun ularning atmosferasi kosmik  
fazoga tarqalib ketganligini o'quvchilarga aytib o'tish  
mumkin.

Torichelli tajribasi (1643 yilda qilgan) fizikaning asosiy tajribalaridan biridir. Lekin bu qiziq tajribani litseyda ko'rsatish mumkin emas. Shuning uchun uni diapozitiv va jadvallardan foydalanib tushuntirish lozim.

Atmosfera bosimini "mm simob ustuni" birligidan SI o'lchov birliklariga o'tishni  $P = \rho gh$  formulasidan foydalanib masala yechish orqali ko'rsatish maqsadga muvofiqdir. Unda 1 mm simob ustuni 133,3 Pa ga mos kelinishi ko'rsatamiz.

Barometr-anerodni o'qitishni uni ko'rsatishdan boshlaymiz. Tuzilishini esa rasmdan foydalanib tushuntiramiz.

Balandlik bo'yicha atmosfera bosimining o'zgarishi ham muhim masaladir. Uni o'qitishda o'quvchilar diqqatini maksimal faollashtirish lozimdir. Buning uchun atmosferani biror suv xavzasidagi suv bilan solishtiramiz. Avval har qanday suyuqliklarda suyuqlik tubidan uning yuqori qatlamlariga o'tilganda bosim kamayishini manometr yordamida tajriba qilib ko'rsatamiz va suvda 1m ga ko'tarilganda bosim  $1 \text{ N/sm}^2$  (100000 Pa) ga kamayishini tushuntiramiz. Suyuqliklar kam siqiluvchan bo'lgani uchun ularning zichligi turli chuqurliklarda deyarli bir xil bo'ladi.

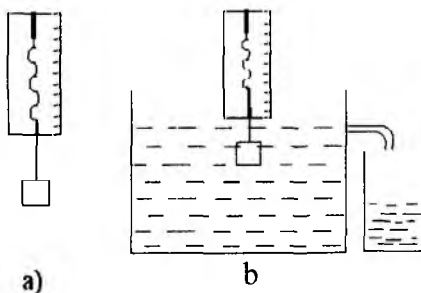
Gazlarda axvol boshqacharoq bo'lishini, yuqoriga ko'tarilgan sari havoning zichligi kamayib borishini (masalan, havoning zichligi daryo satxida  $1,3 \text{ kg/m}^3$  ga, 3000 m balandlikda u  $0,9 \text{ kg/m}^3$  ga, 8000 m balandlikda esa  $0,5 \text{ kg/m}^3$  ga 200 km balandlikda  $1,1 \cdot 10^{-10} \text{ kg/m}^3$  ga tengdir). 2000 km balandlik oraliqdagi butun atmosfera massasini 0,9 qismini 16 km (yer sirtidan) balandlik qatlami tashkil qilishini, balandlik ortgan sari, havo siyraklashib, oxiri atmosfera bilinmasdan havosiz fazoga o'tishini aytib, uning bosimi ham kamayib borishini tushuntiramiz. Yer sirtidan ko'tarilgan sari havo zichligi kamayib boradi. Shuning uchun, suyuqliklar bosimidan farqli o'laroq atmosfera bosimi chiziqli qonun bilan emas, balki juda tez kamayib boradi. Buni tegishli jadval asosida ko'rsatamiz.

Oxirida "Suv nasoslari", "Havo nasoslari" o'quv fil'mlarini ko'rsatib o'quvchilar bilimini mustahkamlaymiz.

#### 44-§. ARXIMED QONUNI VA UNING QO'LLANILISHI

Ixtiyoriy bir jism olib uni dinamometrغا ilamiz va og'irligini aniqlaymiz (91a-rasm). Keyin uni ichida to'la suvi bo'lgan jumrakli idishga tushiramiz. Jism o'zining xajmiga teng xajmdagi suvni siqib chiqaradi, bu suv kichkina idishga oqib tushadi (91b-rasm).

Dinamometr jism og'irligi ma'lum miqdorga kamayganini ko'rsatadi. Siqib chiqarilgan suvning og'irligini aniqlasak (kichik idishni og'irligini avval aniqlab qo'yamiz, keyin suvi bilan tortib idish og'irligini ayirib tashlaymiz), u jismning og'irligi qanchaga kamaygan bo'lsa ushanchaga teng bo'lishini ko'ramiz. Jismni sudan chiqarib, siqib chiqarilgan suvni katta idishga quysak, suv avvalgi satxiga keladi. Bundan siqib chiqarilgan suvning xajmi jism xajmiga teng bo'ladi, degan xulosani chiqaramiz.



91-rasm.

O'quvchilarga odatda katta taassurot qoldiradigan quyidagi tajriba ancha samaralidir. G'ishtning uzun yoqlarini vertikal holda joylab, uni ingichka rezina ipga osiladi. Rezina ip kuchli cho'ziladi. Keyin g'isht chuqur suvli idishga (masalan, agvariumga) asta-sekin tushiriladi. G'isht suvga botib borgan sari ipning cho'zilishi minimumgacha kamayadi. Shundan keyin g'isht asta-sekin suvdan chiqariladi-bunda ipning so'zilishi ortadi. Rezina ipning uchini baland shtativga



maxkamlab suvli idishni ko'tarib, tushirib yuqoridagi hodisani kuzatamiz.

Tajribalarga asoslanib suyuqlikka botirilgan jismga pastdan yuqoriga yo'nalgan itarib chiqaruvchi kuch ta'sir etadi, bu kuch shu jism siqib chiqargan suyuqlikning og'irligiga teng bo'ladi, degan xulosani chiqaramiz. Siqib chiqarilgan suyuqlikning xajmi jism xajmiga teng bo'lishini o'quvchilar unutmasliklari lozim. Arximed kuchi suyuqlik zichligiga bog'liq bo'lishini yuqoridagi tajribalarni zichligi suvning zichligidan katta bo'lgan suyuqlik bilan (masalan, tuz eritmasi bilan) takrorlab, ulardan olingan natijalarni suvda olingan natijalar bilan solishtirish orqali ko'rsatamiz.

Gazlarda ham jismga Arximed kuchi ta'sir qilishini quyidagi tajriba yordamida ko'rsatish mumkin. Tajriba uchun og'zi maxkam yopilgan litrli kolba olamiz. Uni richagli tarozining qisqartirilgan pallasiga osib, muvozanatga keltiramiz. Kolba tagiga keng idishni shunday qo'yamizki, u butun kolbani qamrab olsin. Bu idishni Kipp apparati vositasida (u Kimyo laboratoriyasidan olinadi) is gazi ( $\text{CO}_2$ ) bilan to'ldiriladi. Tarozining muvozanati buziladi. Kolba osilgan palla yuqoriga ko'tariladi. Bu tajriba oddiy maktab tarozisida ham yaxshi chiqadi, chunki  $\text{CO}_2$  ning zichligi  $2 \text{ kg/m}^3$  ga, havoniki  $1,3 \text{ kg/m}^3$  ga teng, ularning ayirmasi  $0,7 \text{ kg/m}^3$  ga teng bo'lib, bundan  $1 \text{ m}^3$  xajmli jism IS gazi tomonidan  $7 \text{ N}$  kuch bilan, qaralayotgan 1 litrli kolba esa  $0,007 \text{ N}$  kuch bilan itariladi. Bu kuchni maktab tarozilari sezadi.

Shundan keyin o'quvchilarga suyuqlikda bosimni o'lchaydigan manometr yordamida suyuqlikning pastki satxidagi bosim suyuqlikning yuqori satxidagi bosimidan katta ekanligini, shuning uchun jismga yuqoridagiga qaraganda pastdan katta kuch ta'sir etishini tajriba qilib ko'rsatamiz.

Keyin sinf doskasida tajriba rasmini chizib, suyuqlikka botirilgan jismning pastki sirtiga bo'lgan bosim kuchi jismning yuqori sirtiga bo'lgan bosim kuchidan hamma vaqt katta ekanligini, bu bosim kuchlarining farqi jismni suyuqlikdan itarib chiqaruvchi kuchga teng bo'lishini va bu

kuchning hisoblash formulasini keltirib chiqaramiz (2-ga qaralsin).

Biz yuqorida Arximed kuchini induktiv uslubda tushuntirishga to'xtaldik. Uni deduktiv uslubda ham ko'rsatish mumkin. Buning uchun avval Arximed kuchini hisoblash formulasini chiqarib, keyin uni nimalarga bog'liqligini ko'rib chiqiladi. Bu uslub jismni suyuqlikdan itarib chiqarayotgan kuchning mavjudligi suyuqlik ichida bosim taqsimlanishining natijasi ekanligini darhol ko'rsatishga imkon beradi.

O'quvchilar Arximed kuchini o'zlashtirganlaridan keyin unga oid bir necha masalalar yechib, bilimlarini mustaxkamlaymiz. Shundan keyin uning qo'llanishlariga to'xtalib o'tamiz. Bunda ariometrlar, jismlarning suzishi va havoda suzishlar ko'rib chiqiladi.

Avval og'irlik kuchi va itaruvchi kuch o'rtasidagi munosabatga bog'liq xolda jismning cho'kishi, suyuqlik ichida suzishi yoki qalqib chiqishini aniqlab, bu hollarni ko'rsatuvchi tajribalarni namoyish qilamiz. Quyidagi tajribalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

1. Kartoshka (yoki xom tuxum) avval toza suvga tushiriladi kartoshka cho'kadi, keyin uni kuchli sho'r suvga tushiriladi u cho'kmaydi. Birinchi holda kartoshka og'irligi Arximed kuchidan katta bo'lib, ikkinchi holda kichik bo'ladi.

2. Idishga toza suv quyamiz, keyin idish tubiga tushirilgan naycha orqali sho'r suv yuboramiz. Idishga tushirilgan kartoshka suyuqlik ichida suzib yuradi. Bunda og'irlik kuchi Arximed kuchiga teng bo'ladi.

3. Suv bilan to'ldirilgan jumrakli idishga havodagi og'irligi ma'lum bo'lgan jism botiramiz. Jismning suvda botgan qismi xajmiga teng xajmli suvni jism siqib chiqaradi. Bu suvning og'irligi jismning og'irligiga teng bo'ladi. Buni dinamometr yordamida o'lchab ko'rsatamiz.

4. Parafin bo'lagini suvda suzishini, kerosinda cho'kishini ko'rsatib jismlarning suzishini jism va suyuqlikning zichliklariga bog'liqligini ko'rsatamiz. Birinchi holda jism zichligi suv zichligidan kichik, ikkinchi holda jism zichligi kerosin zichligidan kattadir.

5. Biri-parafin, ikkinchisi-tikini bo'lgan (yoki po'kak) ikkita bir xil sharcha olib, ularni suvga tushiramiz. Har ikkisi ham suv yuzida yuradi, chunki ularning zichliklari suvning zichligidan kichik. Ammo parafinning zichligi tikinning (po'kakning) zichligidan katta, shuning uchun parafin sharcha suvga chuqurroq botadi. Bundan zichligi katta bo'lgan jism suvga ko'proq botadi, jism zichligi suyuqlik zichligidan katta bo'lsa u botib ketadi, degan xulosani chiqaramiz. Buni zichliklar jadvalidan foydalanib tushuntirish qulaydir. Qaysi jism suvda botishini, qaysilari botmasligini jadval yordamida aniqlab, ularni tajribada ham ko'rsatib boramiz.

Shundan keyin, havoda suzish, ariometrning tuzilishi va ishlashiga ham qisqacha to'xtalib o'tish maqsadga muvofiqdir.

Oxirida "Jismlarning suyuqlikda suzishi va havoda parvoz qilishi" o'quv fil'mini ko'rsatib o'quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz.

## **5-BOB. SAQLANISH QONUNLARINI SUYUQLIK VA GAZLARNING HARAKATIGA QO'LLANISHI**

O'quvchilarga suyuqliklar va gazlarning harakatini o'rganuvchi mexanikaning bo'limini suyuqliklar va gazlar mexanikasi deb atalishini, uni o'rganishda saqlanish qonunlarining ahamiyati katta ekanini, biz bu yerda eng muxim hodisalar bilan tanishib chiqishimizni aytib ularni ko'rib chiqamiz.

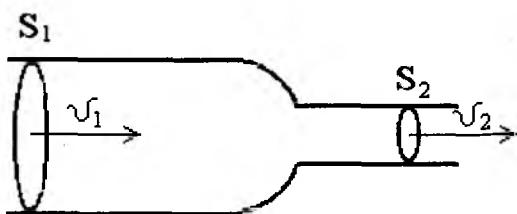
### **45-§. LAMINAR VA TURBULENT OQIMLAR.**

Suyuqlikning parallel qavatlar bo'ylab oqishi Laminar oqim deyiladi. Bu oqimda bir qavatdan ikkinchisiga suyuqlik o'tmaydi. Laminar oqim kichik tezliklarda bo'lishini, katta tezlikda buzilishini aytib, uni quyidagicha tajribada ko'rsatamiz: shisha trubadan kichik tezlikda suv oqizib, unga bo'yoq yuborib turamiz. Bo'yoq aniq ajralib turgan chiziqlar (qabatlar) bo'ylab harakat qilishini ko'ramiz. Keyin suyuqlik tezligini ortdirib borib Laminar oqim buzilib borishini ko'rsatamiz. Demak, suyuqlik tezligi ortib borsa u qiyshiq va o'zgarib turuvchi traektoriya bo'ylab harakat qila boshlaydi. Bunday oqimni turbulent oqim deyilishini, bu oqimda nay ichidagi biror nuqtani kuzatsak u yerda turli tezlikdagi zarralar kelib turishini, turbulent oqimga o'tishda suvda uyurmalar hosil bo'lishini, ular juda kichik uyurmachalarga ajralib ketishini, turbulent oqimni suyuqlik kesimi o'lchamidan juda kichik o'lchamgacha bo'lgan uyurmalardan iborat deb qarash mumkinligini chizmalar yordamida tushuntiramiz.

### **46-§. QUVURDA (NAYDA) SUYUQLIKLARNING HARAKAT TEZLIGI (UZLUKSIZLIK TENGLAMASI)**

Avval o'quvchilarga trubaga kelayotgan suyuqlik bilan undan chiqayotgan suyuqlik miqdorlari teng bo'lsa bunday oqimni barqaror oqim deyilishini aytib, keyin uzluksizlik tenglamasini chiqaramiz.

Aytaylik suyuqlik ko'ndalang kesimi turli yerlarida turlicha bo'lgan nay ichida ishqalanishsiz oqayotgan bo'lsin (92-rasm).



92-rasm.

Agar suyuqlik ichida uzilish, pufak bo'lmasa uning har qanday oqimida massaning saqlanish qonuni amal qiladi, ya'ni nayning ko'ndalang kesimi  $S_1$  bo'lgan yuzadan  $t$  vaqtda o'tgan suyuqlik miqdori shu vaqtda  $S_2$  yuzadan o'tgan suyuqlik miqdoriga teng bo'ladi (barqaror oqim bo'ladi):  
 $m_1 = m_2$

Lekin  $m_1 = \rho_1 g_1 S_1 t$  ;  $m_2 = \rho_2 g_2 S_2 t$  ekanini e'tiborga olsak,

$$\rho_1 g_1 S_1 t = \rho_2 g_2 S_2 t \text{ yoki } \rho_1 g_1 S_1 = \rho_2 g_2 S_2$$

Siqilishi e'tiborga olinmaydigan darajadagi suyuqliklarda zichligi hamma yerdan bir hil bo'ladi, deyish mumkin. U holda  $\rho_1 = \rho_2$  bo'ladi.  $\rho_1 g_1 S_1 = \rho_2 g_2 S_2$  dan  $g_1 S_1 = g_2 S_2$  yoki

$$S g = \text{const bundan } \frac{g_1}{g_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

Demak, oqim tezligi bilan nayning ko'ndalang kesimining ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir, ya'ni nayning kesimi kichik bo'lgan yerida oqim tezligi katta bo'lib, kesimi katta bo'lgan yerida oqim tezligi kichik bo'ladi. Bu uzluksizlik tenglamasidir.

O'quvchilar ariqlarda, kanallarda keng yerlarida suv sekin oqishini, tor yerlarida tez oqishini ko'rib yurganlar. Ularni misollar sifatida aytib, tajribada ham ko'rsatamiz. Shuni ham aytish kerakki real suyuqliklarda nay devorlari yaqinida oqim tezligi kichik bo'lib, o'rtaga borgan sari tezligi ortib boradi, tezlik parabolik qonun asosida o'zgaradi. O'quvchilarga uni

kanaldagi, ariqdagi suvdan ko'rganlariga asosan tushuntirib, bunday suyuqliklarda o'rtacha tezlik olinishini aytib o'tamiz.

#### 47-§. BERNULLI TENGLAMASI (QONUNI)

Mavzuni bizningcha quyidagicha tartibda ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir:

a) Bernulli tenglamasini umumiy xol uchun keltirib chiqarish.

b) Uni gorizontal yo'nalishda oqayotgan suyuqlikka tadbqiq etish (xususiy xoliga o'tish).

v) Statik va dinamik bosimlarni o'lchash usullarini ko'rsatish.

g) Bernulli qonunining qo'llanishlari bilan tanishtirish.

Mavzuni o'tishni quyidagicha hikoyadan boshlashimiz mumkin: kuchli bo'ron bo'lganda uyning tomlari (stropila va shiferlari) birdaniga ko'chib tepaga qarab otilib ketadi. Keyin shamol uni uchirib ketadi. Tom shamol yo'nalishida ketmay birdan yuqoriga (tepaga) otilishini fizika nuqtai nazaridan qanday tushuntirish mumkin? Muammoli vaziyat hosil bo'ladi.

Bu savolga o'rganiladigan mavzu javob berishini aytib, uni bayon qilishga o'tamiz. Mavzuni o'quvchilar bilan suhbat qilish orqali tushuntirish maqsadga muvofiqdir. Suhbat orqali quyidagilarni ketma-ket ravishda aniqlab boramiz.

1. Oqim yo'nalishida torayib boruvchi oqim naychasini ko'z oldiga keltiraylik. Uning tor qismiga borgan sari suyuqlik tezlanish olib tezligi ortib boradi, ya'ni nayning tor qismidagi suyuqlikka keng qismidagi suyuqlik ma'lum kuch bilan ta'sir qiladi (93-rasm).

Bu kuch nayning keng qismidagi bosim tor qismidagi bosimdan katta bo'lganida xosil bo'lishini uqdirib, keyin harakatini ko'rib chiqamiz.

Oqim nayning B va C – kesimlari orasidagi suyuqlik harakatini ko'rib chiqishga o'tamiz. Aytaylik u harakat qilib t vaqt ichida  $B_1$  va  $C_1$  kesimlar orasiga o'tsin. B – kesimdagi tezligi  $\mathcal{G}$  va C kesimdagi tezligi  $\mathcal{G}_2$  bo'lsa, u holda suyuqlik

$$BB_1 = l_1 = g_1 t \quad (1)$$

$$CC_1 = l_2 = g_2 t \quad (2)$$

cha siljiydi.

$t$  vaqt ichida nayning B qismida  $l_1$ -cha fazo bushad, C qismida  $l_2$ -cha fazo suyuqlik bilan to'ldi. Bu suyuqlik massalari uzluksizlik teoremasiga ko'ra tengdir, ya'ni:

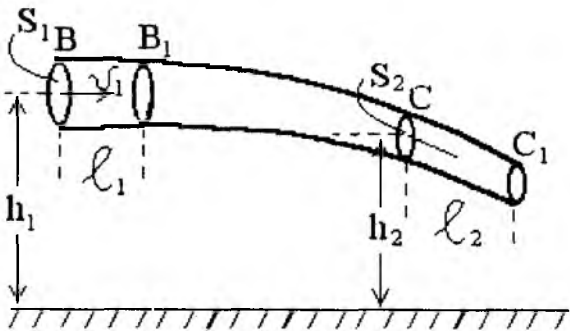
$$m_1 = m_2 = m$$

$S_1$  kesim joylashgan balandlikni  $h_1$  va  $S_2$  kesim joylashgan balandlikni  $h_2$  deb olamiz.

C va B – kesimdagi  $m$ -massali suyuqlik energiyasi,

$$E_v = \frac{m g_1^2}{2} + mgh \dots \dots \dots (3)$$

$$E_s = \frac{m g_2^2}{2} + mgh_2 \dots \dots \dots (4)$$



93-rasm.

Agar B kesim orqasida va C kesim oldida suyuqlik bo'lmaganda suyuqlik o'z og'irlik kuchi ta'sirida harakat qilib energiya o'zgarishi 0 ga teng ( $E-E=0$ ) bo'lishini, lekin B kesimga uning orqasidagi suyuqlik ta'sir etishini, C kesimiga esa ilgari harakatlanishi uchun oldidagi suyuqlik xalaqit berishini, ya'ni biz tekshirayotgan suyuqlik ustida boshqa suyuqliklar ish bajarishini, bu ish esa energiyaning o'zgarishiga teng bo'lishini o'quvchilarning energiya

haqidagi bilimlariga asosan tushuntirib, keyin quyidagini yozamiz.

$$A = E_c - E_b \quad (5)$$

$C_1$ -kesimga orqasidagi suyuqlikning ta'sir etuvchi kuchi  $F_b = P_1 \cdot C_1$  bo'lib, uning  $\ell_1$  oraliqda bajargan ishi:

$$A_1 = F_b \ell_1 = P_1 S_1 \ell_1 = P_1 \mathcal{G} \quad (6)$$

$S_2$ -yuzaga ta'sir etuvchi kuch  $F_c = P_2 S_2$  bo'lib, uning bajargan ishi:

$$A_2 = F_c \ell_2 = P_2 S_2 \ell_2 = -P_2 \mathcal{G} \quad (7)$$

$F_c$ -kuch  $F_b$  ga qarama-qarshi yo'nalishda ish bajargani uchun uni ( $A$  ni) manfiy deb olinganini tushuntiramiz.

$$\text{To'la ish } A = A_1 + A_2 = (P_1 - P_2) \mathcal{G} \quad (8)$$

(3), (4) va (8) larni (5) ga qo'yamiz.

$$\frac{m \mathcal{G}_1^2}{2} + mgh_1 - \frac{m \mathcal{G}_2^2}{2} - mgh_2 = (P_1 - P_2) \mathcal{G}$$

Buni  $\mathcal{G}$  ga bo'lamiz va  $\frac{m}{\mathcal{G}} = \rho$  ekanini e'tiborga olib yozamiz:

$$\frac{\rho \mathcal{G}_1^2}{2} + \rho gh_1 + P_1 = \frac{\rho \mathcal{G}_2^2}{2} + \rho gh_2 + P_1 \quad (9)$$

(9)-Bernulli tenglamasidir (1738-yilda chiqarilgan).

U gidrodinamikaning asosiy qonunini ifodalaydi. B va C kesimlar ixtiyoriy olingani uchun oqim nayining ixtiyoriy kesimi uchun

$$\frac{\rho \mathcal{G}^2}{2} + \rho gh + P = \text{const} \quad (10) \text{ bo'ladi.}$$

Bu yerda  $\rho gh$ -suyuqlik ustini og'irlik kuchining bosimi.  
P-statik bosim

$$\frac{\rho \mathcal{G}^2}{2} \text{ -dinamik bosimdir.}$$

Bernulli teoremasi o'z ichiga ikki fizik fakti oladi:

1) Oqim nayining xamma (ixtiyoriy) yerida kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisi o'zgarmas kattalikdir.



2) Oqim nayining har bir kesimida dinamik, statik va suyuqlik ustini og'irlik kuchining bosimlari yig'indisi o'zgarmasdir.

3) Agar oqim nayi gorizontal bo'lsa  $h_1=h_2$  bo'lib,

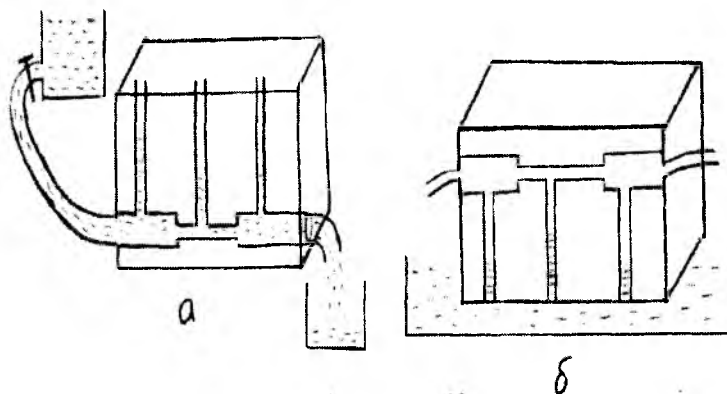
$$\frac{\rho g_1^2}{2} + P_1 = \frac{\rho g_2^2}{2} + P_2 \quad (11)$$

yoki umuman

$$\frac{\rho g^2}{2} + P = \text{const} \quad (12)$$

(10) va (12) lardan ko'ramizki, suyuqlik tezligi katta bo'lgan yerda bosim kichik bo'ladi va aksincha. Buni quyidagi namoyish tajribalari yordamida ko'rsatishimiz mumkin.

O'lchami 80x60x20 mm bo'lgan organik shishada gorizontal kanal teshilgan bo'lib, uning o'rta qismi tor qilingan (94a-rasm).



94-rasm.

Kanalga bir xil oraliqlarda diametri 3 mm bo'lgan vertikal monometrik naychalar vertikal ravishda teshib qo'yilgan. Ularning bittasi kanalning tor qismiga to'g'ri keltirib teshilgan.

a) Asbobni proyektsiyalovchi apparatning kondensori oldiga joylashtirib o'rnatamiz. Kranli idishga suv quyib uni yuqoriga

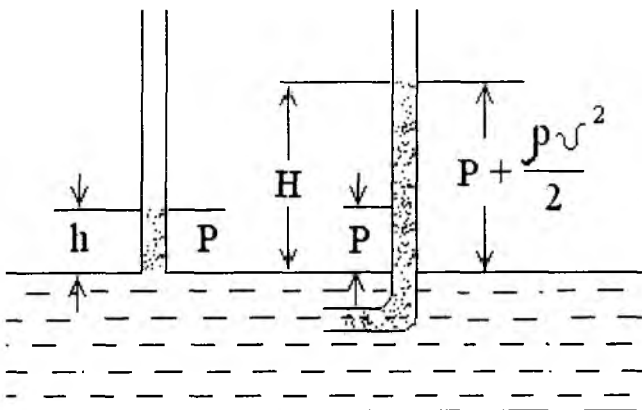
o'rnatamiz va kanalni kirish qismidagi rezinka naychani unga biriktiriramiz. Kanalning chiqish qismidagi rezinka naychani pastroqdagi idishga tushiramiz. Unga kanaldan oqib chiqqan suv tushadi. Kranni (yoki qisqichni) sekin-asta ochib suyuqlik tezligi kichik bo'lgan yerda bosim katta bo'layotganini, oqim tezligi katta bo'lgan yerda (kanalning tor qismida) bosim kichik bo'layotganini ko'rsatamiz (o'ratadagi manometrda suyuqlik kam ko'tariladi). Suvning oqib chiqish tomonidagi manometrda kirish qismidagiga qaraganda bir oz pastroq bo'lishiga sabab suyuqlik ichida ichki ishqalanishning mavjudligi ekanini tushuntirib o'tamiz.

b) Asbobni idishdagi suvga bir oz botadigan qilib to'ntarib o'rnatamiz (94 b-rasm). Bunda manometrik naylar pastga qarab turadilar. Ularning hammasida suyuqlik ustuni bir xil balandlikda bo'ladi. Kirish shlangasi orqali pudaymiz. Bu vaqtda o'rtadagi manometrda suyuqlik sezilarli darajada qolgan ikkitasiga nisbatan balandroqqa ko'tariladi. Bundan ko'ramizki kanalning tor qismida bosim ancha pasaydi, (tezlik katta) keng qismida ancha katta bo'ladi (tezlik kichik bo'lgani uchun).

Oqim tezligini orttirsak o'rtadagi manometrik naydan suv kanalgacha ko'tarilib chiqadi va kanal orqali mayda tomchilar sifatida havo bilan aralashib chiqa boshlaydi. Bu esa pul'verizatorning ishlashini yaxshi o'zlashtirishga yordam beradi.

Aytilgan tajribalarni o'qituvchi oldindan qilib ko'rishi va uni yaxshi chiqish sharoitini aniqlab qo'yishi lozim.

3. Nay gorizontal bo'lsa statik va dinamik bosimlarning yig'indisi o'zgarmas bo'ladi. Nay devoriga suyuqlikning siqishi bevosita statik bosimni ro'yobga chiqaradi. Bu bosimni suyuqlik harakatiga to'sqinlik qilmaydigan manometr yordamida o'lchanadi (95-rasm).



95-rasm.

Manometr ichidagi  $h$  balandlikka ko'tarilgan suyuqlik ustuni bosimi oqimning statik bosimini beradi.  $\frac{\rho v^2}{2}$  -dinamik

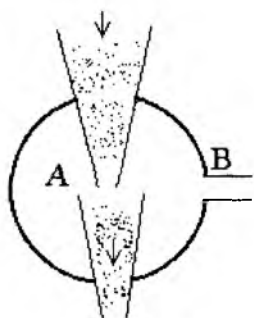
bosim oqimda o'zini ko'rsata olmaydi. U yashirin formada mavjuddir. Lekin uni statik bosimga aylantirib ro'yobga chiqarish mumkin. Buning uchun oqimni biror uchastkasini to'xtatish lozim. Buni esa Pito nayi yordamida amalga oshiramiz. Pito nayini rasmdagidek suyuqlikka tushiramiz (95-rasm). Uning vertikal qismida suyuqlik  $H$  balandlikka ko'tariladi. Bu suyuqlik bosimi statik va dinamik bosimlar yig'indisidan iborat bo'ladi. Undan statik bosimni olib tashlasak dinamik bosim aniqlanadi.

Shundan keyin qo'yilgan savolga javob beramiz: kuchli shamol bo'lganda shifer tepasida havoning oqim tezligi katta bo'lib, bosim juda kichik bo'ladi. Shifer ostidagi bosim tepasidagi bosimdan katta bo'lib qoladi va u tomni yuqoriga ko'tarilishga majbur qiladi. Shuning uchun tom tepaga ko'tariladi.

4. Bernulli tenglamasiga ko'ra oqim tezligi katta bo'lgan yerda bosim kichik bo'ladi. Uchchala bosimlar yig'indisi o'zgarmas bo'lib, u doim tinch turgan suyuqlik bosimidan kichik bo'ladi va katta tezliklarda bu bosim atmosfera

bosimidan ancha kiiik bo'ladi. Bundan esa texnik qurilmalarda keng foydalaniladi. Shularga misollar ko'raylik:

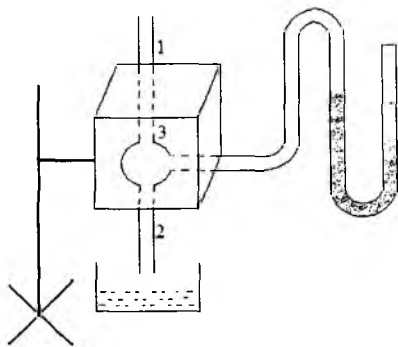
a) Suv sharrali nasos (96-rasm).



96-rasm.

Tez oqayotgan suv sharrasidagi bosim (A dagi) atmosfera bosimidan ancha kichik bo'lgani uchun trubkalar orasidagi A oraliqdan havo suv sharrasiga kiradi va u bilan chiqib ketadi. Ballondagi havo siyraklashadi. Unga B trubka orqali havosi suriladigan idishdagi havo kelib turadi va undagi havo siyraklasha boradi. Buni quyidagi tajriba yordamida ko'rsatamiz.

Suv sharrali nasosning modeli o'lchami 50x50x10 mm bo'lgan organik shishadan tayyorlangan bo'lib, uning ichida doira shakldagi kamerasi bor. Bu kameradan tashqariga uchta teshik chiqarilgan (97-rasm) va ularga naychalar biriktirilgan.



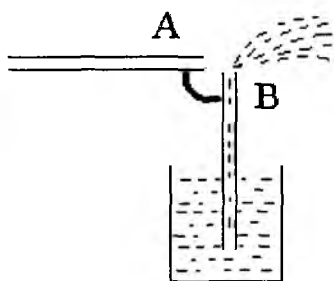
97-rasm.

1-teshik ro'parasidagi 2-teshik bir oz kattaroqdir. Tajribani quyidagicha o'tkazamiz.

a) 1-nayga pulverizator nokini ulaymiz. 3-nayga tutab turgan papirosni kiygazib qo'yamiz. Nokni siqib 1-nay orqali havo oqimini yuboramiz. Oqim tezligi ortganda 3-naydan tutun kira boshlaydi va 2-nayda ketayotgan havo bilan aralashib chiqadi.

b) Jumrakli idishda suv olib, yuqoriga o'rnatib, uni shlanga orqali 1-nayga ulaymiz. 2-nayga ulangan shlanga uchini idishga tushiramiz. Kranni ochsak 1-naydan suv katta tezlikda tushib 2-naydan chiqib turadi. Manometr bosimni 15-20 sm suv ustunicha kamayganini ko'rsatadi. Bu tajribalarni proektsiyasi orqali ko'rsatish maqsadga muvofiqdir.

v) Pul'verizator (98-rasm) A naydan pudasak uning teshigida (uchida) bosim kichik bo'lib, B nay orqali suyuqlik ko'tariladi va havo bilan aralashib sochiladi (B uchidagi bosim atmosfera bosimdan kichik bo'lgani uchun suyuqlik ustidagi atmosfera bosimi uni B-nay ichidan ko'tarilishga majbur qiladi).

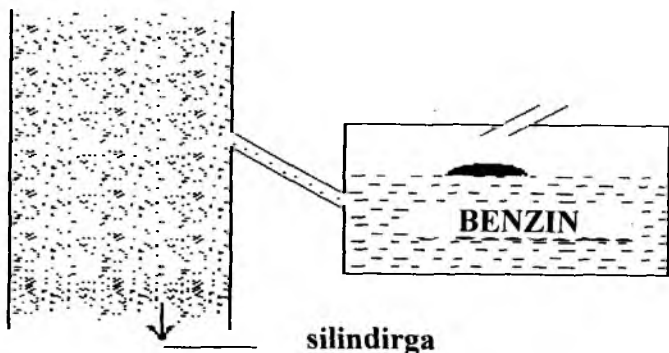


98-rasm.

Buni sartaroshlarni atir sochadigani yordamida yoki qo'lda tayyorlangan tajriba yordamida ko'rsatish mumkin.

g) Karbyurator (99-rasm).

## Xavo



99-rasm.

Ichki yonish dvigatelini yonilg'i aralashmasi bilan ta'minlaydigan qismi. Silindrdagi porshen pastga tushganda (surish takti) havoni so'radi. Bu havo tez oqqani uchun A – oraliqda bosim kichrayib ketadi (benzin ustidagi atmosfera bosimidan) natijada trubacha (jiklyor) orqali benzin ko'tarilib chiqib havo bilan aralashib, tsilindrga boradi.

Bir necha masalalar yechib o'quvchilar bilimini mustaxkamlaymiz.

1-masala. Gidravlik mashinaning kichik porsheni bir yurishda  $h_1=0,2m$  tushadi, katta porshen esa  $h_2=0,01 m$  ko'tariladi. Kichik porshen suyuqlikka  $F_1=500H$  kuch bilan ta'sir qilsa katta porshen siqilgan jismga qancha kuch bilan ta'sir qiladi?

Yechish. Mashina ichidagi suyuqlik bosmi  $P=\frac{F_1}{S_1}$  bu yerda

$S_1$ -kichik porshenning yuzi. Izlanayotgan kuch  $F_2=PS_2$ ;  $S_2$ -katta porshen yuzi.

Bunga bosim  $P$  ning qiymatini qo'yamiz.

$$F_2=\frac{F_1 S_1}{S_2}$$

Suyuqlikni siqilmaydi deb qarab quyidagini yoza olamiz:

$$h_2 S_2 = h_1 S_1 \dots \text{ bundan } \frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

buni e'tiborga olsak

$$F_2 = F_1 \frac{h_1}{h_2}$$

Son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$F = \frac{500\text{N} \cdot 0,2\text{M}}{0,01\text{M}} = 10000\text{N} = 10^4\text{N}$$

2-masala. Qutqaruvchi po'kak halqaning massasi  $m=3,2\text{ kg}$  zichligi  $\rho=200\text{kg/m}^3$ . agar dengiz suvining zichligi  $\rho_0=1,03 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$  bo'lsa po'kak halqaning ko'tarish kuchi  $F$  qancha bo'ladi?

Yechish. Suvning itarish (Arximed) kuchi po'kak halqaning og'irlik kuchi bilan ko'tarish kuchining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni

$$F_A = P + F_k = mg + F_k \quad (1)$$

Bu yerda suvning itarish kuchi  $F_A = \rho_0 g V$ , bunda po'kak halqaning hajmi  $V = m/\rho$

$$\text{Demak, } F_A = mg \frac{\rho_0}{\rho} \quad (2)$$

(2) ni (1) qo'yamiz:

$$mg \frac{\rho_0}{\rho} = F_k + mg$$

bundan

$$F_k = mg \frac{\rho_0}{\rho} - mg = mg \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)$$

Bunga son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$F_k = 3,2\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 \left( \frac{1,03 \cdot 10^3}{200} - 1 \right) = 130\text{N}$$

3-masala. Idishga har bir sekundda  $Q_1=2\text{ l/s}$  suv quyilib turadi. Idish tubida yuzasi  $S=2\text{sm}^2$  bo'lgan teshikcha bor. Idishda suv qanday  $h$  balandlikda bo'ladi?

Yechish. Idishga har bir sekundda quyilayotgan suv bilan undan chiqayotgan suv miqdori teng ( $Q_1=Q_2$ ) bo'lsa undagi suv ustuni balandligi o'zgarmaydi. Idish tubidagi teshikchadan bir sekundda chiqadigan suyuqlik miqdori  $Q_2=VS$ . Buni e'tiborga olsak  $Q_1=SV$ ; bundan  $V=Q_1/S$ . Suyuqlik ustuni  $h$  bo'lgan idish tubidagi teshikdan chiqayotgan suv tezligi  $h$  balandlikdan erkin tushayotgan jism tezligi bilan bir hil bo'ladi, ya'ni  $v=\sqrt{2gh}$ . Buni e'tiborga olsak

$$\sqrt{2gh} = \frac{Q_1}{S};$$

Bundan

$$h = \frac{Q_1^2}{2gS^2}$$

Son qiymatlarini o'rniga qo'yib hisoblaymiz.

$$h = \frac{4 \cdot 10^6 \text{ cm}^6}{2 \cdot 10 \text{ m} \cdot 4 \text{ cm}^4} = \frac{10^6 \text{ cm}^2}{2 \cdot 1000 \text{ cm}} = 500 \text{ cm} = 5 \text{ m}$$

4-masala. Diametri  $D=0,5\text{m}$  bo'lgan silindrsimon idishning asosida  $d=1\text{sm}$  diametrli doiraviy teshik bor. Idishdagi suv satxining pasayish tezligi  $\vartheta_1$  ning suv satxining balandligi  $h$  ga bog'lanishi topilsin.  $h=0,2\text{m}$  balandlik uchun bu tezlikning son qiymati topilsin.

Yechish. Bernulli teoremasiga ko'ra idishdagi  $\vartheta_1$  tezlik bilan tushayotgan suyuqlikning dinamik bosimi bilan suyuqlik ustuni bosimining yig'indisi idish asosidagi teshikdan  $\vartheta_2$  tezlik bilan chiqayotgan suyuqlikning dinamik bosimiga teng bo'ladi.

$$\text{Ya'ni } \frac{\rho \vartheta_1^2}{2} + \rho gh = \frac{\rho \vartheta_2^2}{2} \text{ yoki } \frac{\vartheta_1^2}{2} + gh = \frac{\vartheta_2^2}{2} \quad (1)$$

Suv oqimining uzluksizlik shartiga ko'ra  $\vartheta_1 S_1 = \vartheta_2 S_2$  bo'lib, bu yerda  $S_1$ -idishning ko'ndalang kesimi yuzasi,  $S_2$ -teshikchanning ko'ndalang kesim yuzasi. Bundan

$$\vartheta_2 = \frac{\tau_1 S_1}{S_2} \quad (2)$$



(2) ni (1) ga qo'yib,  $g_1$  ga nisbatan yechsak,

$$g_1 = \frac{S_2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}} \text{ bo'ladi.}$$

$$S_1 = \frac{\pi d^2}{4} \text{ va } S_2 = \frac{\pi D^2}{4} \text{ ekanini e'tiborga olsak}$$

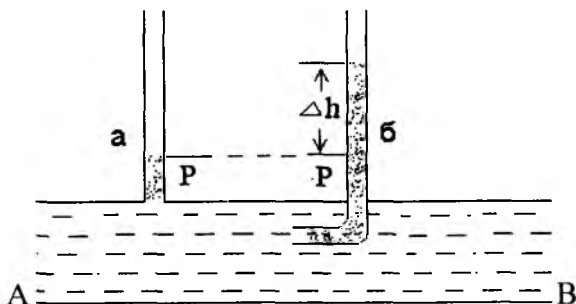
$$g_1 = \frac{d^2 \sqrt{2gh}}{\sqrt{D^2 - d^4}} \text{ bo'ladi. } d^4 \ll D^4 \text{ ekanini e'tiborga olsak (} D^4$$

ga nisbatan  $d^4$  juda kichik bo'ladi), taxminan

$$g_1 = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh} \quad (3)$$

$h=0,2$  m bo'lsa,  $V_1=8 \cdot 10^{-4}$  m/s bo'ladi.

5-masala. AB gorizontaal trubadan suyuqlik oqmoqda (100-rasm).



100-rasm.

Diametrlari bir xil bo'lgan a va b trubalardagi bu suyuqlik satxining farqi  $\Delta h=0,1$  m ga teng. AB trubadagi suyuqlik oqimining tezligi topilsin.

Yechish. a trubadagi suyuqlik ustuni bosimi AB trubadagi suyuqlikning statik bosimni ko'rsatadi, b trubadagi suyuqlik ustuni bosimi AB trubada oqayotgan suyuqlikning statik va dinamik bosimlarining yig'indisini ko'rsatadi. b trubadagi ortiqcha bosim dinamik bosimdan iboratdir.

$$\frac{\rho \vartheta^2}{2} = \rho g \Delta h$$

Bundan  $\vartheta = \sqrt{2g\Delta h}$

Son qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz.

$$\vartheta = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{M}{c^2} \cdot 0,1M} = 1,4M/c$$

#### 48-§. QOVUSHQOQ SUYUQLIKNING OQISHI. PUAZEYL QONUNI

Avval o'quvchilarga suyuqlik va gazlarda ichki ishqalanish mavjudligini quyidagicha tajribada ko'rsatamiz.

Ikki plastinka olib, ularni ma'lum masofada gorizontol holda joylashtirib, birini aylantira boshlaymiz. Bir ozdan keyin ikkinchi plastinka ham aylana boshlaydi. Plastinkalarni suv ichiga joylashtirib birini aylantirsak bunda ham bir ozdan keyin ikkinchisini ham aylana boshlaganini ko'ramiz. Buning sababi suyuqlik va gazning ichida ishqalanishning mavjudligidir.

Suyuqlikning qabatlari orasida hosil bo'ladigan kuchni ichki ishqalanish deb yuritiladi. Ichki ishqalanishga bog'liq bo'lgan suyuqlik va gazning xossasini qovushqoqlik (yopishqoqlik yoki ichki ishqalanish) deb yuritiladi.

Qovushqoqlikning hosil bo'lishini quyidagicha tushuntirishimiz mumkin: molekulalar tartibsiz harakati tufayli bir qabatdan ikkinchisiga o'tib turadi. Tez harakat qilayotgan qabatdan o'tgan molekula sekin harakat qilayotgan qabat molekulalariga harakat miqdorini berib, bu qabatni tezlashtiradi. Sekin qabatdan tez qabatga o'tgan molekula bu qabatni natijaviy harakat miqdorini kamaytiradi. Qabatlar orasida o'zaro harakat miqdorini almashinishi va molekulalarning o'zaro ta'siri suyuqlikning ichki ishqalanishini hosil qiladi.

Nyuton suyuqlikning ichki qabatlari orasidagi ishqalanish kuchi qabatlar tezliklarining farqiga va tegib turgan yuzasiga

to'g'ri proporsional, ularning orasidagi masofaga teskari proporsional bo'lishini aniqladi:

$$F_{i.ishq.} = \eta S \frac{\Delta g}{\Delta h} \quad (1)$$

Bu yerda  $\Delta h$  – qabatlar orasidagi masofa,  $\frac{\Delta g}{\Delta h}$  - tezlik gradientini (suyuqlik oqimi tezligining birlik masofada o'zgarishidir),  $S$  - qabatlar tegib turgan yuza,  $\eta$  - qovushqoqlik (yopishqoqlik yoki ichki ishqalanish koeffitsienti deb yuritiladi). “Minus” ishora ichki ishqalanish kuchi tezlik gradientiga qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Suyuqlikning qovushqoqligi gazlarnikiga qaraganda ancha katta bo'lishini, harorat ortsa qovushqoqlik kamayib borishini, qovushqoq suyuqliklarning oqishida trubaga tegib turgan qabatlarning tezligi ham, o'rtaga borgan sari tezlik kattalashib borishini, uni o'quvchilar kanal va ariqlarda ko'rib yurganliklarini aytib, bunday suyuqliklarning tezligini Puazeyl qonuniga asosan aniqlanishini aytib, keyin bu qonunni beramiz (uni 1841 yilda aniqlagan).

Suyuqlikning laminar oqimining o'rtacha tezligi uning bosimi gradientiga, trubaning radiusiga to'g'ri proporsional, qovushqoqlik koeffitsientiga teskari proporsionaldir, ya'ni

$$g = - \frac{\Delta P}{\Delta h} \cdot \frac{r^2}{8\eta}$$

Bu yerda  $r$  - oqim trubasining radiusi  $\Delta = P_1 - P_2$  – oqim trubasining  $\Delta h$  oralig'idagi bosimning o'zgarishi. “Minus” ishora oqim tezligining bosim gradientiga qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Trubaning biror kesimidan ma'lum bir vaqt ( $t$ ) oralig'ida qancha suyuqlik o'tishini aniqlashimiz mumkin.

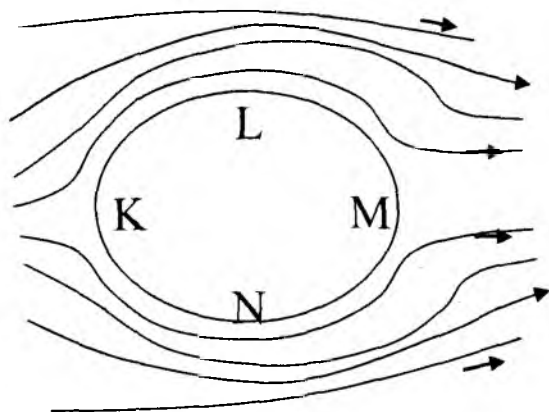
$$g = S g_t = \pi r^2 \frac{\Delta P}{\Delta h} \cdot \frac{r^2}{8\eta} = \frac{\pi r^4}{8\eta} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta h} \cdot t$$

Bu Puazeyl formulasidir.

## 49-§. QOVUSHQOQ SUYUQLIKDA JISM HARAKATI. STOKS FORMULASI

Ba'zi hollarda suyuqlikning qovushqoqligini va siqiluvchanligini e'tiborga olinmaydi. Bunday suyuqliklarni ideal suyuqlik deb atalishini, ideal suyuqliklarda jism harakat qilganda (yoki harakatlanayotgan suyuqlikda jism turganda) hech qanday qarshilik kuchi vujudga kelmasligini tushuntirib, keyin qovushqoq suyuqliklarda jismga bo'ladigan qarshilikning kelib chiqish sababini tushuntiramiz.

Ideal suyuqlik laminar oqimda bo'lsa, uning ichiga tsilindr yoki shar shaklidagi jism tushirsak, sharchga kelganda uning tezligi o'zgaradi (101-rasm).

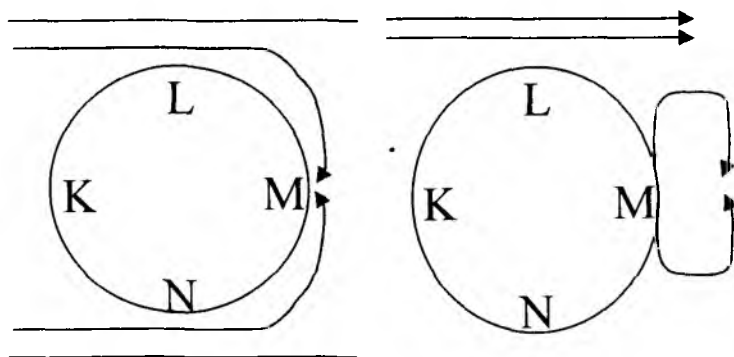


101-rasm.

K-qismda tezlik kam bo'lib, bosim ortadi. L va N qismlarda oqim tezlashib, bosim kam bo'ladi. M-qismda tezlik kam bo'lib, bosim K-qismdagidek bo'ladi (chunki unda ichki ishqalanish yo'q). K va M qismlardagi bosimlar farqi 0 bo'ladi. Demak, ideal suyuqlikda jism harakatlangan vaqtda u hech qanday qarshilikka uchramaydi.

Shundan keyin real suyuqliklarda ichki ishqalanish (qovushqoqlik) mavjud bo'lgani uchun, unda jism harakatlantirilganda qarshilik bo'lishini aytib, uni tushuntiramiz.

Jismni yopishqoq (qovushqoq) suyuqlikka tushirib harakatlantirilganda qarshilikka uchraydi. Buni tushunish uchun ikkita oqim qabatini (chizig'ini) ko'rib chiqamiz. Suyuqlik K qismga katta bosim beradi, chunki uning tezligi ancha kichik bo'lib ketadi (102a-rasm).



102-rasm.

N va L qismlarga kelganda tezlik katta bo'lib bosim kichik bo'ladi. K dan N gacha borguncha uning kinetik energiyasi ortib boradi. Suyuqlik M ga borguncha N dagi kinetik energiyasini sarflaydi. Natijada suyuqlik zarrasi M nuqtadan qaytishga majbur bo'ladi (102b-rasm), lekin uni N dan kelayotgan boshqa zarralar burib yuboradi. Shu kabi jism orqasida uyurma hosil bo'ladi. Demak, uyurmaning hosil bo'lishiga sabab ishqalish kuchidir. Uyurma suyuqlikda ham gazda ham jism orqasida hosil bo'ladi. Bundan ko'ramizki, laminar oqim buzilib turulent oqim vujudga keladi.

Jism suyuqlikda harakat qilganda K va M qismlardagi bosimlar farqi  $P=P_1-P_2$  jismga bo'ladigan qarshilikni vujudga keltiradi (bu qarshilikni peshona qarshilik deb ham yuritiladi).

Jismga yopishgan suyuqlik qabatining tezligi 0 bo'lib, undan uzoqlashgan sari qabatlar tezligi ortib boradi. Uzoq

qabatlarda tezlik o'zgarmaydi. Tezligi o'zgarayotgan qabatlarda tezlik gradienti katta bo'lsa uyurma kuchli bo'ladi, jism orqasidagi bu uyurmaning tezligi katta bo'lib, bosim kichik bo'ladi, natijada qarshilik ortadi.

Kichik tezliklarda qarshilik kuchi tezlikning birinchi darajasiga proporsional bo'lib, buni Stoks aniqlagan, shuning uchun uni Stoks qonuni deb ataladi.

Qarshilik kuchi tezlikning birinchi darajasiga, qovushqoqlik koeffitsientiga va jismning chiziqli o'lchamlariga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni (shar uchun)

$$F=6\pi\eta r \mathcal{V} \quad r\text{-sharning radiusi.}$$

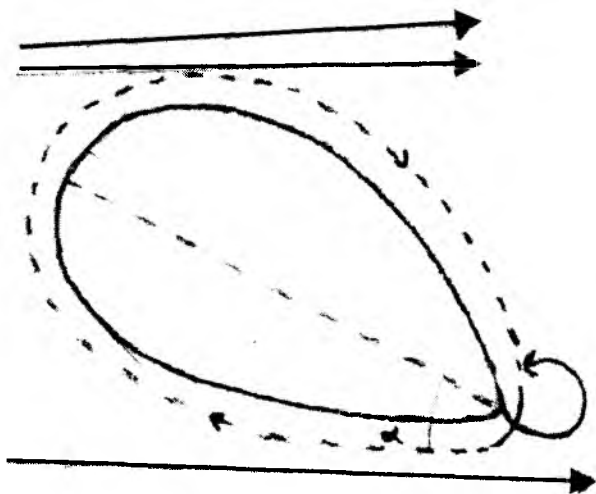
Shu yerda o'quvchilarga tezlik katta bo'lganda qarshilik tezlikning kvadratiga, tovush tezligi va undan katta bo'lganda esa tezlikning uchinchi darajasiga proporsional bo'lishini, qarshilik jism shakliga bog'liq bo'lishini, jism shakli yarim sfera kabi bo'lsa unga qarshilik juda katta bo'lishini aytib o'tamiz. Masalan, parashyutlar yarim sfera shaklida tayyorlanishiga sabab havoning qarshiligini ortdirishdir. Parashyut ochilganda unga havoning qarshiligi ortib, parashyutchi tezligi kamayadi. Parashyutchining parashyuti bilan og'irligi havoning qarshilik kuchi bilan tenglashganda harakati tekis harakatga aylanadi. Bu vaqtda parashyutchi yerga tushishda 3 m balandikdan tushgandek bo'lib tuyuladi.

## 50-§. SAMOLYOT (tayyora) QANOTINING KO'TARISH KUCHI

Avval o'quvchilarga samolyotning parrāgi unga bo'ladigan qarshilikni (peshona qarshilikni) yengib, uni ilgarilanma harakat qildirishini, yuqoriga ko'tarish kuchi qanotda hosil bo'lishini aytib, keyin qanotning ko'tarish kuchining hosil bo'lishini tushuntiramiz.

Samolyotni ko'tarish kuchini hosil qilishda uning qanotini qanday shaklda ishlash kerakligini, ko'tarish kuchi nimalarga bog'liq bo'lishini birinchi bo'lib rus olimi N.E Jukovskiy ko'rsatgan.

Odatda samolyot qanoti suyri shaklida ishlangan bo'lib, u gorizontga ma'lum burchak ostida o'rnatiladi (ataka burchagi). Havo oqimi qanot ustidan va pastidan o'tib, qanotning orqasida soat strelkasiga qarshi yo'nalishda harakat qiluvchi kuchli uyurma hosil qiladi (103-rasm) va bu uyurma uzilib orqaga ketadi.



103-rasm.

Lekin bu uyurma ma'lum harakat miqdori momentini olib ketadi. Harakat miqdori (impuls) momentining saqlanish qonuniga ko'ra samolyot tinch turganda samolyot va havo sistemasining to'la impuls momenti nolga teng bo'lib, uchish vaqtida ham nolga teng bo'ladi. Qanotdan uzilgan uyurma olib ketgan impuls momentiga teng bo'lgan impuls momentli qanot atrofida aylanuvchi havo tserkulyatsiyasi hosil bo'ladi.

Bu serkulyatsiya qanot atrofida yopiq kontur bo'yicha bo'lib, uning yo'nalishi uyurma yo'nalishiga qarshi yo'nalishda, ya'ni soat strelkasi bo'ylab bo'ladi va u qanot tepasidagi havo oqimini tezlashtirib, ostidagi havo oqimini sekinlashtiradi. Natijada Bernulli qonuniga ko'ra qanot tepasida bosim kuchi kam bo'lib, ostida katta bo'ladi. Bu bosim kuchlari farqi samolyotni yuqoriga ko'taradi.

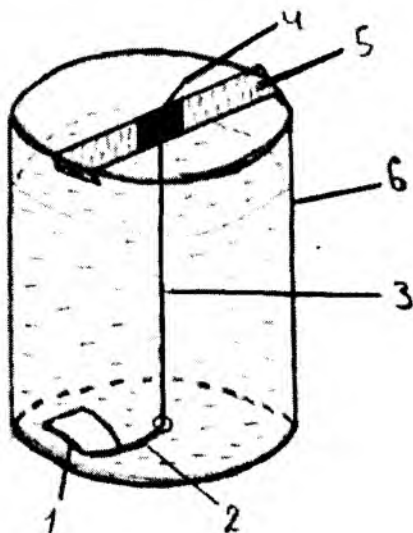
Agar bosimlar farqi samolyotning og'irligidan kichik bo'lsa uni ko'tara olmaydi.

Samolyot qanotining ko'tarish kuchini boshqa usullar bilan ham tushuntirishimiz mumkin (masalan, M.X. O'lmasova kitobiga qaralsin).

Samolyot qanotinnig ko'tarish kuchi masalasi ko'rilganda suvda harakatlanayotgan qanotga ta'sir etuvchi ko'tarish kuchi haqida ham tushuncha berib ketish maqsadga muvofiqdir, chunki hozirgi vaqtda kemalar ostiga suyri shaklidagi qanotlar biriktirilib, uning yordamida ko'tarish kuchini va tezlikni ortdirilmoqda.

Suv ovti qanotlarda ko'tarish kuchining hosil bo'lishini quyidagicha model yordamida tushuntirish yaxshi natija beradi (104-rasm).





104-rasm.

1-qanot suyri shaklida bo'lib, u oq tunkadan tayyorlanadi. Uning o'lchamlari: uzunligi 5 sm, eni 5 sm.

Qanot gorizontaal 2 sterjenga kiydiriladi (mahkamlanadi). Bu gorizontaal sterjen vertikal 3-sterjenga sharnir (aylanganda yuqoriga ko'tariladigan qilib) biriktiriladi. Vertikal o'qning yuqorisi 5-taxtachaga o'rnatilgan va bir sekundda bir marta aylanadigan 4-elektrodvigatelga biriktiriladi. Taxtacha chuqur banka 6-og'ziga o'rnatiladi.

Bankaga suv quyib, elektrodvigatelini (Uoren motori) tokka ulaymiz. Suv ichida qanot aylana boshlaydi va shu bilan birga suv yuziga ko'tarila boshlab, suv yuziga chiqadi.

Gorizontaal sterjen atrofida bir oz burib qanotning ataka (hujum) burchagini o'zgartirib, tajribani takrorlaymiz va ko'tarish kuchi ataka burchagiga bog'liq bo'lishini ko'rsatamiz. Ataka burchagi nolga teng bo'lganda ham ko'tarish kuchi bir oz bo'lishini ko'rsatamiz.

Qanot o'rnatilgan kemalarning tezliklari 100 km/soat gacha boradi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Arxangel'skiy M.M.Kurs fiziki. Mexanika. Moskva-1975 g.
2. Burov V.A. va boshqalar. Demonstratsionniy eksperiment v sredney shkole. Chast' I i II. Moskva-1967, 1968 g.
3. Mirzaaxmedov B.M. va Mamadiyorov N.M. O'rta maktabda fizika o'qitish metodikasi. Guliston-1992 y.
4. Mirzaaxmedov B.M. va boshqalar. "Fizika o'qitish metodikasi" kursidan o'quv eksperimenti. Toshkent-1989 y.
- No'monxo'jayev K. va boshqalar. Fizika. 1-qism. Toshkent-2002 y.
5. Nosova T.I. va boshqalar. Mexanika. Metodicheskie rekomendatsii. Moskva-1985 y.
6. Nosova T.I. va boshqalar. Mexanika. Fakul'tativnyy kurs. Moskva-1971 g.
7. Orexov V.P. va Usova A.V. taxririda. Metodika prepodovaniya fiziki v 8-10 klassax. Chast'-I. Moskva-1986 g.
- Reznikov L.I. va boshqalar. Maktabda fizika o'qitish metodikasi. Toshkent-1978 y.
8. Tursunmetov K.A. va boshqalar. Fizikadan masalalar to'plami. Toshkent-2003 y.
9. M.X.O'lmasova. mexanika va molekulyar fizika. Toshkent-2003 y.
10. G'aniyev A.G. va boshqalar. Fizika. 1-qism. Toshkent-2003 y.
- E.E. Evenchik va boshqalar. O'rta maktabda fizika o'qitish metodikasi. Mexanika. Toshkent-1989 y.
11. "Fizika v shkole" va "Xalq ta'limi" jurnallari.

# MUNDARIJA

Soʻz boshi .....	3
Fizika kursida mexanikaning tutgan oʻrni va uning oʻqitilishi.....	6

## I-BOB. KINEMATIKANI OʻQITISH USLUBI

1-§. Kirish (darslari).....	10
1.1. Tezlik.....	14
1.2. Tezlanish.....	16
2-§. Toʻgʻri chiziqli tekis harakat.....	17
3-§. Toʻgʻri chiziqli tekis harakatni kinematik tasvirlash.....	23
4-§. Toʻgʻri chiziqli harakatlarni va tezliklarni qoʻshish.....	26
5-§. Toʻgʻri chiziqli notekis harakat.....	29
5.1. Toʻgʻri chiziqli tekis oʻzgaruvchan harakat. Tezlanish.....	29
6-§. Jismlarning erkin tushishi.....	34
7-§. Toʻgʻri chiziqli tekis oʻzgaruvchan harakatda koordinata-ning vaqtga bogʻliqlik grafiqi.....	36
8-§. Aylana boʻylab tekis harakat.....	40
9-§. Markazga intilma tezlanish.....	43
10-§. Aylanma harakatni uzatish va uni ilgari lanma harakatga aylantirish mexanizmlari (qurilmalari).....	48
11-§. Aylana boʻylab tekis oʻzgaruvchan harakat. Burchak tezlanish. Tangentsial va toʻla tezlanish.....	51
12-§. Gorizontga burchak ostida va gorizont otilgan jism harakati.....	54

## 2-BOB. DINAMIKANI OʻQITISH USLUBI

Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlarini oʻqitish uslubi.....	58
13-§. Nyutonning birinchi qonuni.....	58
14-§. Jism massasi.....	60
15-§. Kuch.....	63
16-§. Nyutonning ikkinchi qonunini oʻqitilishi.....	64
17-§. Nyutonning uchinchi qonuni.....	69
18-§. Elastik kuchi.....	71
19-§. Ishqalanish kuchi.....	78
20-§. Butun dunyo tortishish qonuni.....	84
21-§. Tortish maydoni. Gravitatsion massa.....	91
22-§. Ogʻirlik kuchi. Jismning ogʻirligi.....	92
23-§. Oʻta yuklanish va vazsizlik.....	95
24-§. Yerning sunʻiy yoʻldoshlari. birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar.....	101

25-§. Galileyning nisbiylik printsiplari.....	104
---	-----

### **3-BOB. MEXANIKADA SAQLANISH QONUNLARINI O'QITISH USLUBI**

26-§. Jism impuls. Impulsning saqlanish qonuni.....	107
27-§. Mexanik ish va quvvat.....	112
28-§. Energiya. Kinetik va potentsial energiyalar.....	122
29-§. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni.....	129
30-§. Energiya va impulsning saqlanish qonunlarini urulishida qo'llanilishi.....	131

#### **STATIKA ELEMENTLARI**

31-§. Kuchlarni qo'shish va ayirish. Teng ta'sir etuvchi kuch.....	140
32-§. Parallel kuchlarning teng ta'sir etuvchisi.....	144
33-§. Kuch momenti. Juft kuchlar momenti.....	149
34-§. Kuch momentlarini qo'shish. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jismning muvozanat sharti.....	151
35-§. Qattiq jism muvozanatining umumiy sharti.....	153
36-§. Jismlarning massa markazi.....	156
37-§. Qattiq jismning muvozanat turlari.....	158
38-§. Aylanma harakatning asosiy tenglamasi. Inertsiya momenti. Impuls momenti.....	166
39-§. Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi.....	172

### **4-BOB. GIDROAEROSTATIKANI O'QITISH USLUBI**

40-§. Suyuqlik va gazlarning bosimi.....	176
41-§. Tutash idishlar. Manometrlar.....	178
42-§. Paskal qonuni.....	179
43-§. Atmosfera bosimi.....	181
44-§. Arximed qonuni va uning qo'llanilishi.....	183

### **5-BOB. SAQLANISH QONUNLARINI SUYUQLIK VA GAZLARNING HARAKATIGA QO'LLANISHI**

45-§. Laminar va turbulent oqimlar.....	187
46-§. Quvurda (nayda) suyuqliklarning harakat tezligi (uzluksizlik tenglamasi).....	187
47-§. Bernulli tenglamasi (qonuni).....	189
48-§. Qovushqoq suyuqlikning oqishi. Puazeyl qonuni.....	201
49-§. Qovushqoq suyuqlikda jism harakati. Stoks Formulasi.....	203
50-§. Samolyot(tayyora) qanotining ko'tarish kuchi.....	206
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxti.....	209

**Najmiddin Sadriddinov,  
Anvarbek Po'latov**

**AKADEMIK  
LITSEYLARDA FIZIKA  
O'QITISH USLUBI**

**Muharrir:** Anvar IKROMOV.  
**Tex. muharrir:** No'monxon TOSHJOJAYEV.  
**Kom. dizayner:** Anvarxon TOSHJOJAYEV.  
**Mycaxxux:** Kamolxon BOBOXONOV.

Terishga 05.02.2015 y. berildi. Bosishga 25.04.2015 y.  
ruxsat etildi. Shrift garniturası Times New Roman.  
Oq qog'ozga ofset usulida bosildi. Bichimi 60x84. 1/16.  
Nashriyot hisob tabog'i 13,25. Adadi 500 nusxa.  
Buyurtma № 176 Bahosi kelishilgan narxda.

«Namangan» nashriyoti. Namangan shahri, Navoiy  
ko'chasi, 36. Matbuot uyi. 3-qavat.

**Nashriyot veb sayti: [namnashr.uz](http://namnashr.uz)  
e-mail: [nvmab@inbox.uz](mailto:nvmab@inbox.uz).**

**Nashriyot litsenziya raqami AI-156 2009 yil  
14 avgustda berilgan.**

**Tel: +99893 406-48-40**

**«Chust bosmaxonasi» MCHJ, Chust shahri,  
So'fizoda ko'chasi, 8-uy.**



## **NAJMIDDIN SADRIDDINOV**

Pedagogika fanlari nomzodi, dotsent,  
Xalq maorifi a'lochisi.

1933 yilda Namangan viloyati Namangan shahrida tug'ilgan.

1960-1961 yillarda Yangiqo'rg'ondagi 11-sonli maktabda, 1962 yildan 1967 yilgacha NDPIda fizika fanidan saboq bergan. 1967-1969 yillar O'zPFITida aspiranturada tahsil oldi. 1971 yili nomzodlik dissertatsiyasini yo'qladi va NDPIda ish boshladi. 1978-1993 yillarda NDPIning eksperimental fizika kafedrasida mudir vazifasida faoliyat ko'rsatdi.

1992 yili Respublika Prezidentining "Faxriy Yorlig'iga" sazovor bo'lgan. Uztozning ko'plab ilmiy

pedagogik ishlari mavjud. Jumladan "Fizika o'qitish uslubiyati asoslari" ("O'zbekiston" nashriyoti 2006 y.), "Atom tuzulishi" 2004 yil va boshqa o'quv uslubiy qo'llanmalar hamda yuzdan ortiq ilmiy maqolalar muallifidir. Shuningdek beshta mualliflik guvohnomasiga ega.

## **ANVARBEK PO'LATOV**

Fizika-matematika fanlari nomzodi.

1958 yilda Namangan viloyati Namangan tumanida tug'ilgan.

1981 yilda Namangan Davlat pedagogika instituti (hozirgi NamDU)ni tamomlab, ish faoliyatini mazkur institutda boshlagan. 1985-1988 yillarda Rossiyaning Sankt-Peterburg shahridagi A.F.Ioffe nomli fizika-texnika ilmiy tekshirish institutida maqsadli aspiranturani tamomlagach, 1989 yili nomzodlik dissertatsiyasini muvaffaqiyatli himoya qildi.

Hozirgacha ikkita mualliflik guvohnomasi (patent), ikkita o'quv-uslubiy qo'llanma va 60 dan ortiq ilmiy-pedagogik ishlari e'lon qilingan.

Bugungi kunda NamDUNing fizika kafedrasida yarimo'tkazgichlar sohasi hamda fizika fanini o'qitishning dolzarb muammolari bo'yicha ilmiy pedagogik izlanishlar olib bormoqda.



ISBN 978-9943-977-48-8



9 789943 977488