

XORAZM ILM ZIYO



MEXANIKA
VA
MOLEKULYAR FIZIKA

MEXANIKA VA MOLEKULAR FIZIKA

Fizikani o'rganuvchilar uchun

“XORAZM ILM ZIYO” NTM

Urganch -2019

Muallif:
Jumaniyazov Temurbek Yangiboyevich

Taqrizchilar:

M.A. Asqarov Qoraqalpoq Davlat Universiteti
“Yarimo‘tkazgichlar fizikasi” kafedrasi assistenti

F.Sh. Sayfiyev Farg‘ona viloyati, Yozyovon tumani 13-umumiy
o‘rta ta’lim maktabining matematika va informatika
fani o‘qituvchisi

Mazkur kitob fizikani o‘rganuvchilar uchun nazariy qo‘llanma vazifasini bajaradi. Kitob “XORAZM ILM ZIYO” NTM ning mulki sanaladi. Kitobni ruxsatsiz ko‘paytirish va tarqatish qat’iyan taqiqlanadi.

© “XORAZM ILM ZIYO” NTM, 2019

© Jumaniyazov Temurbek, 2019

SO‘Z BOSHI

Kitob elementar fizikaning klassik mexanika va molekulyar fizika bo‘limlarini o‘z ichiga olgan bo‘lib, fizikani o‘rganuvchilar uchun nazariy qo‘llanma vazifasini bajaradi.

Kitobda fizik qonunlarning mazmuni, formulalarning kelib chiqish uslublarini imkon boricha yoritishga harakat qilindi. Mexanikaning dinamika bo‘limida klassik mexanikaning asosi inersial sanoq sistemasi ekaniga ko‘p urg‘u berildi. Ya‘ni barcha fizik masalalar faqat inersial sanoq sistemasida yechilishi tavsiya etildi. Chunki, Nyuton qonunlariga ko‘ra jism tezlanishini unga ta‘sir qiluvchi kuch yuzaga keltiradi. Noinersial sanoq sistemasida yuzaga keluvchi inersiya kuchlari sistema tezlanishi tufayli hosil bo‘ladi. Ya‘ni, unda kuchni tezlanish yuzaga keltiradi. Bu esa Nyuton qonunlariga zid keladi.

Jism og‘irligi bo‘yicha ba‘zi chalkashliklarga oydinlik kiritishga harakat qilindi. Jumladan, jismlarning suyuqlikdagi og‘irligi bo‘yicha ham nazariy ma‘lumotlar keltirildi.

Ko‘pchilik fizika fani adabiyotlarida Yerning geografik koordinatalari haqida ma‘lumotlar keltirilmasligini ko‘rish mumkin. Chunki, bu ma‘lumotlar geografiya kursida o‘rganilishi nazarda tutiladi. Aynan shu odatdan chetlashgan holda mazkur ma‘lumotlar kitobdan joy oldi.

Nisbatan kam e‘tibor qaratiladigan “Suyuqliklar va gazlar mexanikasi” mavzusi zaruriy ma‘lumotlar va tavsiyalar bilan boyitildi. Bernulli tenglamasi-ning haqiqiy mohiyatini ochib berishga harakat qilindi. Noinersial sanoq sistemasidagi suyuqliklarda gidrostatik kuchlarni hisoblash usullari keltirildi.

Molekulyar fizikaga tegishli bo‘lgan bilimlar sodda va tushunarli tarzda bayon qilinib, yetarli darajadagi nazariy ma‘lumotlar bilan boyitildi.

Kitob boshida fizika fani uchun eng kerakli bo‘lgan matematik bilimlar qisqacha keltirib o‘tildi.

Kitobda turli yillarda nashr qilingan fizikaga oid xilma-xil adabiyotlardan samarali foydalanildi.

Har bir mavzuning oxirida mustahkamlash uchun tegishli masalalar keltirildi. Har bir masala to‘g‘ri javoblar bilan ta‘minlandi.

Qoraqalpoq davlat universiteti Yarimo‘tkazgichlar fizikasi kafedrası assistenti Asqarov Mardon Amatjanovich hamda Farg‘ona viloyati, Yozyovon tumani 13-umumiy o‘rta ta‘lim maktabining matematika va informatika fani o‘qituvchisi Sayfiyev Farruhjon Shavkat o‘g‘li o‘zlarining qimmatli maslahatlari bilan kitobning yozilishiga katta hissa qo‘shdilar. Muallif kitob matniga diqqat va katta e‘tibor bilan qarab chiqqan bu hamkasblarga chuqur minnatdorchilik bildiradi.

Muallif

I BOB. KINEMATIKA

1. Kinematikaning asosiy tushunchalari

Kinematikaning asosiy tushunchalariga trayektoriya, moddiy nuqta, ko'chish, bosib o'tilgan yo'l, sanoq sistemasi, ilgarilanma harakat va absolyut qattiq jism kabi tushunchalar kiradi.

Moddiy nuqta. Moddiy nuqta deb harakatning muayyan sharoitlarida jismning bosib o'tadigan yo'lga nisbatan yoki qaralayotgan biror masofaga nisbatan o'lchamlari hisobga olmas darajada kichik bo'lgan jismlarga aytiladi. Moddiy nuqta tushunchasi nisbiy bo'lib, u o'rganilayotgan masalaga bevosita bog'liq. Masalan, sayyoralarning Quyosh atrofidagi orbitalar bo'ylab harakati o'rganilganda ularni moddiy nuqta deb qarash mumkin. Yana bir misol sifatida Urganchdan Toshkentga tomon harakatlanayotgan avtobusni 1000 km lik masofaga nisbatan moddiy nuqta deb qarash mumkin.

Fizika fanida harakatni o'rganishda ko'pchilik holatlarda jismlarni moddiy nuqta sifatida qarash bir qator qulayliklarga sabab bo'ladi.

Trayektoriya. Trayektoriya deb jismning mexanik harakati davomida fazoda qoldirgan izi (chizig'i) ga aytiladi.

Absolyut qattiq jism. Mexanikada ko'p foydalaniladigan modellardan yana biri absolyut qattiq jism tushunchasidir. *Absolyut qattiq jism* deb hech qanday holatda ham deformatsiyalanmaydigan, boshqacha aytganda har qanday kuch ta'sirida ham istalgan ikkita nuqtasi orasidagi masofa o'zgarmay qoladigan jismga aytiladi. Bu tushunchani kiritishdan maqsad kuch ta'sirida jismning shakli yoki o'lchamini o'zgarmas deb qarashdir.

Ilgarilanma harakat. Har qanday harakatni ham aylanma, ham ilgarilanma harakatlar yig'indisi sifatida qarash mumkin.

Agar jism harakati davomida uning barcha nuqtalarini bir xil tezlik va bir xil trayektoriyalar bo'ylab ko'chib harakatlansa yoki jism o'z-o'ziga parallel ko'chsa, bunday harakat *ilgarilanma harakat* deb ataladi.

Sanoq sistemasi. Jism harakatini o'rganuvchi sistema *sanoq sistemasi* deb ataladi. U uchta qismdan iborat:

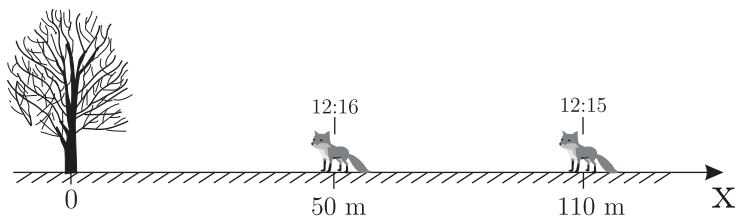
1. Sanoq jismi.
2. Sanoq jismiga bog'langan koordinatalar sistemasi.
3. Vaqtni o'lchovchi asbob (soat).

Har doim biror jism harakati o'rganilganda uning harakati albatta atrofdagi boshqa jismlarga nisbatan qaraladi. Jism harakati qaysi jismga nisbatan o'rganilsa, o'sha jism *sanoq jismi* deb ataladi. Harakati o'rganilayotgan jismning harakat yo'nalishi va vaziyatini aniqlashda koordinatalar sistemasi kiritiladi. Koordinatalar sistemasi sanoq jismiga bog'langan bo'ladi. Jism harakatini

o'rganishda harakat vaqti ham muhimdir. Aynan shuning uchun vaqtni o'lchovchi asbob sanoq sistemasining ajralmas qismidir.

Sanoq jismi, sanoq jismiga bog'langan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchovchi asbob birgalikda sanoq sistemasini tashkil etadi.

Faraz qilaylik, tulki daraxtga tomon sekin yurib bormoqda (9-rasm). Tulki-ning harakatini kuzatish boshlanganda, soat 12:15 da u daraxtdan 110 m masofada edi. Soat 12:16 da esa daraxtdan 50 m masofada bo'ldi.



9-rasm

Ko'rinib turibdiki, tulki $t=1 \text{ min}=60 \text{ s}$ da $s=60 \text{ m}$ masofani o'tgan. Demak, tulki-ning tezligi $v = \frac{s}{t} = \frac{60\text{m}}{60\text{s}} = 1 \text{ m/s}$. Xuddi mana shu ish bilan tulki-ning harakati o'rganilmoqda. Buning uchun sanoq sistemasining uchta qismi ham o'z o'rnini ko'rsatdi. Bunda daraxt sanoq jismi vazifasini bajardi. Daraxtga nisbatan tulki-ning harakat yo'nalishi aniqlandi. Daraxtga bog'langan koordinatalar sistemasi yordamida tulki-ning har bir holatdagi vaziyati va bosib o'tgan yo'li topildi. Tulki harakat tezligini aniqlash uchun harakat vaqti o'lchab olindi.

Xulosa qilish mumkinki, sanoq sistemasidan foydalanmasdan turib hech bir jismning harakatini o'rganib bo'lmaydi. Masalan, tasavvur qiling, ochiq dengizdagi qayiqda odam bor. Suv sokin, atrofda hech narsa yo'q. Bu odam qayiq harakatda yoki harakat emasligi bilolmaydi. Zero dengizda ham suv oqimlari mavjud.

Sanoq sistemalarining o'zi ham ikki xil bo'ladi: inersial va noinersial. Hech qanday tezlanishga (tezlanish – vaqt birligida tezlikni o'zgarishi) ega bo'lmagan sanoq sistemalari *inersial sanoq sistemalari* deb ataladi. Inersial sanoq sistemasiga nisbatan tezlanishga ega bo'lgan sanoq sistemalari *noinersial sanoq sistemalari* deb ataladi. Klassik mexanikada barcha harakatlar inersial sanoq sistemasida o'rganiladi.

Bosib o'tilgan yo'l. Bosil o'tilgan yo'l deb, trayektoriya uzunligiga aytiladi. Yo'l skalyar kattalik bo'lib, manfiy qiymat qabul qilmaydi. Har doim uning qiymati musbat bo'ladi. Agar jism to'g'ri chiziq bo'ylab 100 m masofani o'tib, yana ortga, boshlang'ich vaziyatiga qaytib kelsa, uning bosib o'tgan yo'li nolga teng bo'lmaydi. Bunda jism 200 m masofani bosib o'tgan bo'ladi. Demak, bosib o'tilgan yo'lni “ortga” qaytarib bo'lmaydi.

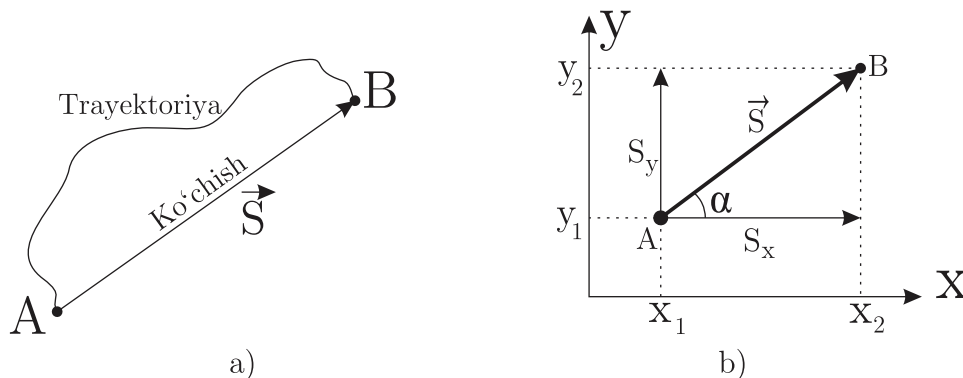
Ko'chish. Ko'chish deb, jismning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlarini tutashtiruvchi yo'nalishga ega bo'lgan kesmaga aytiladi. Ko'chish vektor kattalik.

Harakatdagi jism rasmdagidek A nuqtadan B nuqtaga yetib borsin (10-a

rasm). Ushbu holatda trayektoriya uzunligi bo'lmish yo'l va ko'chish orasidagi farqni ko'rish mumkin. Ko'chish moduli bosib o'tilgan yo'ldan odatda kichik bo'ladi. Ular faqat to'g'ri chiziqli harakatda o'zaro tengdir.

Jismning ko'chish vektorini XOY koordinatalar tekisligida ko'rib o'taylik.

Jism A ($x_1; y_1$) nuqtadan B ($x_2; y_2$) nuqtaga ko'chsin (10-b rasm). Ko'chish vektorining OX va OY o'qlaridagi S_x va S_y proyeksiya (tashkil etuvchi) lari quyidagicha aniqlanadi:



10-rasm

$$S_x = x_2 - x_1$$

$$S_y = y_2 - y_1$$

Mazkur proyeksiyalarni yana burchak sinusi va kosinusi ta'riflaridan foydalangan holda aniqlash mumkin:

$$\cos \alpha = \frac{S_x}{S} \Rightarrow S_x = S \cdot \cos \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{S_y}{S} \Rightarrow S_y = S \cdot \sin \alpha$$

Bunda α -ko'chish vektorining OX o'qi bilan tashkil qilgan burchagi.

Ko'chish moduli AB nuqtalar orasidagi masofaga teng bo'lib, quyidagicha topiladi:

$$S = AB = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \text{ yoki } S = AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

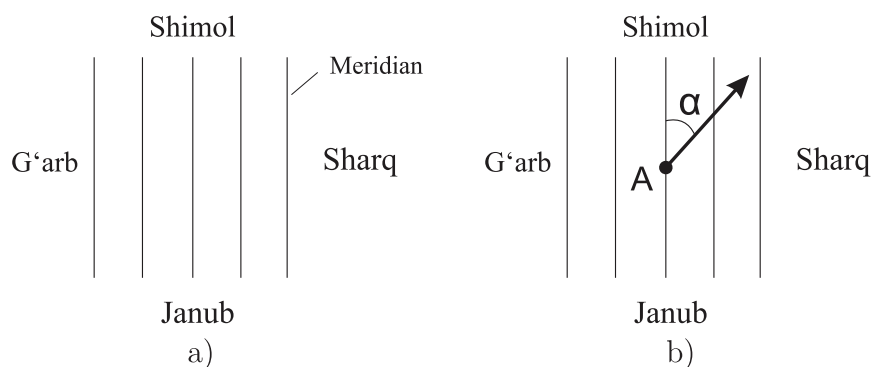
Bu xuddi geometriya kursida ikki nuqta orasidagi masofani topishga o'xshashdir.

Yuqorida jism harakati tekislikda qaraldi. Lekin jism fazoda harakatlansachi? U holda bu jism uchun quyidagilarni yozish mumkin:

$$\begin{aligned} S_x &= x_2 - x_1 & S_y &= y_2 - y_1 & S_z &= z_2 - z_1 \\ S &= \sqrt{S_x^2 + S_y^2 + S_z^2} & S &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \end{aligned}$$

Dunyo tomonlari

Yer yuzasida harakat yo'nalishini ko'rsatishda dunyo tomonlarining o'rni katta. Dunyo tomonlari to'rtta bo'lib, ular *g'arb*, *sharq*, *shimol* va *janub*



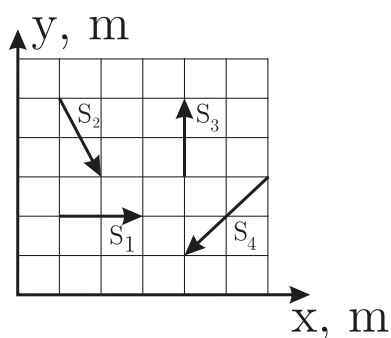
11-rasm

deb ataladi (11-a rasm). Geografik xaritaga qaralganda xarita “tepasida” shimoliy tomon, “pastida” janubiy tomon, chapda g‘arbiy tomon va o‘ngda sharqiy tomon bo‘ladi. Shimoldan janubga o‘tkazilgan chiziqlar *meridian chiziqlari* deb ataladi.

Faraz qilaylik, A jism 11-b rasmda ko‘rsatilgan yo‘nalishda harakatlanmoqda. Bu holat “jism shimoli-sharqiy yo‘nalishda, meridianga nisbatan α burchak ostida harakatlanmoqda” deya ta’riflanadi. Agar jism aniq shimoli-sharqiy yo‘nalishda harakatlanayotgan bo‘lsa, u holda uning yo‘nalishi meridian chizig‘i bilan 45^0 burchakni tashkil etadi.

Mavzuga oid masalalar

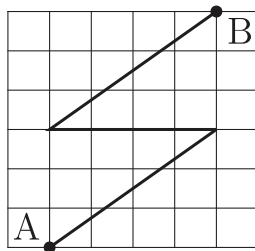
1. Mashina sharqqa tomon 50 km masofani o‘tdi. Keyin yana g‘arbga tomon 70 km masofani o‘tdi. Mashinaning bosib o‘tgan yo‘li va ko‘chish modulini toping. (120 km; 20 km)
2. Rasmda keltirilgan ko‘chish vektorlarining X va Y o‘qlaridagi proyeksiyalarini aniqlang. Har bir vektor modulini aniqlang. Katakchalar tomonlari 1 m ga teng.



($S_{x_1}=2$ m, $S_{y_1}=0$ m; $S_{x_2}=1$ m, $S_{y_2}=-2$ m; $S_{x_3}=0$ m, $S_{y_3}=2$ m; $S_{x_4}=-2$ m, $S_{y_4}=-2$ m; $S_1=2$ m, $S_2=\sqrt{5}$ m, $S_3=2$ m, $S_4=2\sqrt{2}$ m)

3. Moddiy nuqta koordinatasi A (5; 5) [m] bo‘lgan nuqtadan koordinatasi B (11; -3) [m] bo‘lgan nuqtaga ko‘chdi. Moddiy nuqtaning ko‘chish modulini aniqlang. (10 m)

4. Moddiy nuqta A nuqtadan B nuqtaga rasmda ko'rsatilgan trayektoriya bo'ylab harakatlanib bordi. Moddiy nuqtaning yo'li va ko'chish modulini aniqlang. (14 m; $\sqrt{52}$ m)



5. Moddiy nuqta R radiusli aylananing 60° li yoy uzunligini o'tdi. Moddiy nuqtaning yo'li va ko'chish modulini aniqlang. ($\pi R/3$; R)
6. Moddiy nuqta R radiusli aylananing 2 radianli yoy uzunligini o'tdi. Moddiy nuqtaning bosib o'tgan yo'lini aniqlang. ($2R$)
7. Moddiy nuqta to'g'ri chiziq bo'ylab 2 km masofani o'tgach, o'z harakat yo'nalishiga nisbatan 60° ga burildi va yana 1 km masofani o'tdi. Moddiy nuqtaning ko'chish modulini aniqlang. ($\sqrt{7}$ km)
8. Bola qiyalik burchagi 60° bo'lgan tepalikka ko'tarilib, 100 m masofani o'tdi. Bolaning gorizontaal va vertikal ko'chishlarini aniqlang. (50 m; $50\sqrt{3}$ m)
9. Havo shari yerdan tekis ko'tarilmoqda. Shar vertikal yo'nalishda 800 m balandlikka ko'tarilguncha gorizontaal yo'nalishdagi shamol uni 600 m masofaga olib ketdi. Havo sharining murakkab harakati davomida bosib o'tgan yo'lini aniqlang. (1 km)
10. Geologlar guruhi avval aniq shimoli-g'arbiy yo'nalishda (meridianga nisbatan 45° burchak ostida) $200\sqrt{2}$ m masofani, keyin sharq tomon 500 m masofani va yana shimol tomon 200 m masofani o'tishdi. Geologlar guruhining bosib o'tgan yo'li va ko'chish modulini aniqlang. ($700+200\sqrt{2}$ m; 500 m)

2. To'g'ri chiziqli tekis harakat

Kinematikaning asosiy tushunchalari ko'rib o'tilganda harakatni tavsiflovchi tushunchalar borligi ko'rsatildi. Lekin, bu tushunchalar harakatni to'liq tavsiflay olmaydi.

Faraz qilaylik, bir shahardan ikkinchi shaharga bir yo'ldan bir vaqtda avtomobil, mototsiklchi, velosipedchi va piyoda yo'lga chiqdi. Aniq aytish mumkinki, ular bir vaqtda yo'lga chiqib bir xil masofani bosib o'tishiga qaramay ikkinchi

shaharga birinchi bo‘lib avtomobil, oxirgi bo‘lib esa piyoda yetib keladi. Bu holatni tavsiflashda tezkorlik sifatini bildiruvchi tushuncha – “tezlik” tushunchasini kiritamiz. Bu tushuncha fizik kattalik hisoblanadi.

Harakat tezligi deb, jism harakatining yo‘nalishi va tezkorligi (jadalligi) ni tavsiflovchi vektor kattalikka aytiladi.

Agar jism to‘g‘ri chiziqli bo‘ylab harakatlansa, uning harakati *to‘g‘ri chiziqli harakat* deb yuritiladi. Mazkur harakatda ko‘chish vektori bilan tezlik vektori o‘zaro mos tushadi. To‘g‘ri chiziqli harakatda jism ko‘chish moduli uning bosib o‘tgan yo‘liga teng bo‘ladi va tezlik vektorining yo‘nalishi o‘zgarmas saqlanadi.

Tezlik jism ko‘chishini shu ko‘chish sodir bo‘ladigan vaqtga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$$

bunda $\vec{S}$ -jism ko‘chishi, t -jismning ko‘chishi sodir bo‘ladigan vaqt. To‘g‘ri chiziqli tekis harakatda yo‘l va ko‘chish moduli o‘zaro tengligidan, hisob-kitoblarda ko‘proq tezlik modulidan foydalaniladi.

Tezlik moduli – vaqt birligida jismning bosib o‘tgan yo‘li.

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

Tezlikning birligi XBS da $[v] = 1 \frac{m}{s}$ ga teng deb qabul qilingan.

1 m/s – to‘g‘ri chiziqli tekis harakatda 1 s da 1 m masofa ko‘chadigan jismning tezlik birligi.

Tezlik birliklari ustida amallar:

$$36 \text{ km/h} = 36 (1000 \text{ m}) / (3600 \text{ s}) = 36 : 3,6 = 10 \text{ m/s};$$

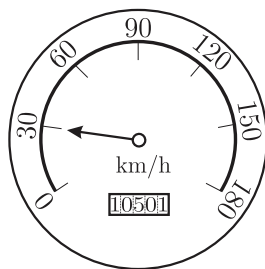
$$5 \text{ m/s} = 5 (1/1000 \text{ km}) / (1/3600 \text{ s}) = 5 \cdot 3,6 = 18 \text{ km/h};$$

$$2 \text{ km/s} = 2 (1000 \text{ m}) / \text{s} = 2000 \text{ m/s};$$

$$3600 \text{ dm/min} = 3600 (0,1 \text{ m}) / (60 \text{ s}) = (3600 \cdot 0,1) : 60 = 6 \text{ m/s};$$

$$25 \text{ cm/s} = 25 (0,01 \text{ m}) / \text{s} = 25 \cdot 0,01 = 0,25 \text{ m/s}.$$

Tezlikni o‘lchovchi asbob *spidometr* deb ataladi (12-rasm).



12-rasm

Mavzuga oid masalalar

1. Avtomobil to'g'ri chiziqli yo'lda 216 km masofani 120 min da o'tdi. Avtomobilning tezligini aniqlang. (30 m/s)
2. Mototsiklchi 70 km masofani 60 km/h tezlik bilan qancha vaqtda bosib o'tadi? (70 min)
3. Yerdan uchirilgan kosmik raketa soat 17:00 da Yerdan 101000 km uzoqlikda bo'ldi. Shu kuni soat 22:00 da Yerdan 152000 km uzoqlikda bo'ldi. Kosmik raketaning Yerdan o'rtacha uzoqlashish tezligini aniqlang. (10200 km/h)
4. Portlatish texnikasida sekin yonadigan bikford shnuri ishlatiladi. Shnur yondirilgandan so'ng 300 m masofaga qochib ulgurish uchun qanday uzunlikdagi shnur olish kerak? Yugurish tezligi 5 m/s, alanga shnur bo'ylab 0,8 cm/s tezlik bilan tarqaladi. (48 cm)
5. O'quvchi daryo suvining oqish tezligini aniqlash uchun suvga yog'och tashladi va uning 3 minut ichida bosib o'tgan yo'lini qadamlab, 150 gacha sanadi. Agar o'quvchining o'rtacha qadami 60 cm bo'lsa, suvning oqish tezligini aniqlang. (0,5 m/s)
6. Ikki otliqdan biri 45 s davomida 4 m/s tezlik bilan harakatlangan. Ikkinchi otliq bu yo'lni 50 s da bosib o'tadi. Ikkinchi otliqning tezligini toping. (3,6 m/s)
7. Birinchi avtomobil 4S masofani 2t vaqtda $2v$ tezlik bilan bosib o'tdi. Ikkinchi avtomobil 3S yo'lni 2t vaqtda bosib o'tsa, uning tezligini toping. ($1,5v$)
8. Mashinaning bosib o'tadigan yo'li 3 marta, harakat tezligi 2 marta ortsa, uning harakat vaqti qanday o'zgaradi? (50 % oshadi)
9. Jismning bosib o'tadigan yo'li 50 % oshirilib, harakat vaqti 2 marta kamaytirilsa, tezlik qanday o'zgaradi? (200 % oshadi)
10. Katta yo'l qismining boshiga yo'l belgisi qo'yilgan (rasmga qarang). Yo'lning uzunligi 1,8 km bo'lgan qismini 4 minutda bir tekis bosib o'tgan avtomobil haydovchisi qoidani buzadimi? (yo'q)



Harakatning nisbiyligi

Mexanikada harakati o'rganilayotgan istalgan jismning vaziyati qaysi sanoq sistemasiga nisbatan kuzatilayotganligi ko'rsatilishi shart. Masalan, harakatdagi avtomobilda o'tirgan yo'lovchi avtomobilga nisbatan harakatsiz. Lekin u yerga nisbatan harakatda. Chunki, yo'lovchi avtomobil bilan birgalikda yerga bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan harakatlanmoqda. Bundan kelib chiqadiki, jismning tinch turishi yoki harakatda bo'lishi uning harakati qaysi sistemaga nisbatan kuzatilayotganligiga bog'liq. Demak, umumiy olib qaraganda olamda tinch turgan narsaning o'zi yo'q. Chunki, harakat nisbiydir.

Harakat nisbiyligi Galileo Galiley tomonidan to'liq tahlil qilingan. U harakat nisbiyligi uchun o'z nisbiylik prinsipini kiritgan. Uning nisbiylik prinsipi quyidagicha ta'riflanadi:

Barcha inersial sanoq sistemalarida harakat qonunlari bir xil.

Nisbiylik prinsipiga ko'ra barcha inersial sanoq sistemalarida (ISS) harakat qonunlari bir xil amal qiladi va barcha ISS lar teng huquqlidir. Lekin yana shuni aytish kerakki, bir ISS dan ikkinchisiga o'tilganda koordinata, tezlik, yo'l va ko'chish (trayektoriya ham) o'zgarishi mumkin. Bunday kattaliklar *nisbiy kattaliklar* deb ataladi. Aynan ular harakat nisbiyligining asosini tashkil etadi.

Turli xil fizik masalalarni yechishda qulaylik uchun bir koordinatalar sistemasidan boshqasiga o'tib yechiladi. Shuning uchun turli sanoq sistemalardagi kinematik kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni topish talab etiladi.

Faraz qilaylik, bizga ikkita koordinatalar sistemasi berilgan: birinchisi qo'zg'almas x_0y_0 , ikkinchisi birinchisiga nisbatan o'zgarmas tezlik bilan to'g'ri chiziqli harakatlanuvchi x_0y . Biror moddiy nuqtaning (jismning) harakatini ikkala koordinatalar sistemasida ham kuzatish mumkin.

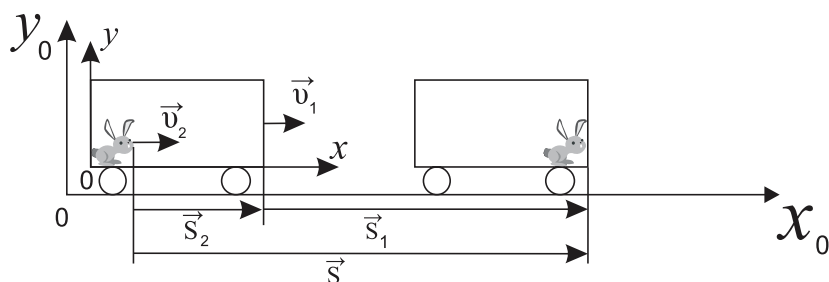
Moddiy nuqtaning qo'zg'almas sistemaga nisbatan harakati *natijaviy (absolyut) harakat* deb ataladi.

Moddiy nuqtaning harakatlanuvchi sistemaga nisbatan harakati *nisbiy harakat* deb ataladi.

Harakatlanuvchi sistemaning qo'zg'almas sistemaga nisbatan harakati *ko'chma harakat* deb ataladi.

Natijaviy harakat. To'g'ri chiziqli tekis harakatdagi vagon ichida quyon bor. U vagonning bir boshidan ikkinchi boshiga o'zgarmas tezlik bilan vagon harakati yo'nalishida yurib borsin (13-rasm). Vagonning yerga nisbatan harakati ko'chma, quyonning vagonga nisbatan harakati nisbiy va quyonning yerga nisbatan harakati esa natijaviy hisoblanadi. Rasmdan ko'rish mumkinki, natijaviy ko'chish ko'chma va nisbiy harakat ko'chishlarining yig'indisiga teng:

$$\vec{S}_{nat} = \vec{S}_{ko'ch} + \vec{S}_{nis}$$



13-rasm

Shunga ko'ra quyovning natijaviy ko'chishi $\vec{S}_{nat} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$ ga teng. Bu ifodani ikkala tarafini hadma-had t vaqtga bo'lamiz: $\frac{\vec{S}_{nat}}{t} = \frac{\vec{S}_1}{t} + \frac{\vec{S}_2}{t} \Rightarrow \vec{v}_{nat} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$.

Quyov va vagon harakat yo'nalishlari bir xil bo'lganda quyovning yerga nisbatan natijaviy tezligi

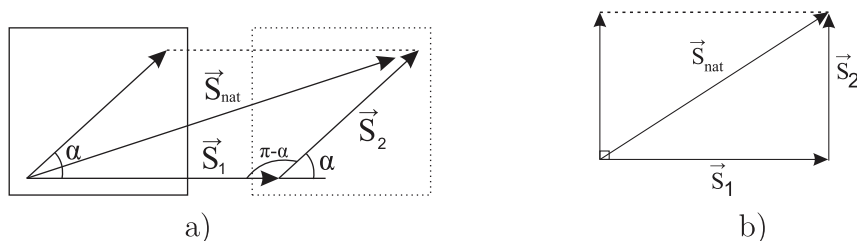
$$v_{nat} = v_1 + v_2$$

ga, harakat yo'nalishlari teskari bo'lganda esa

$$v_{nat} = v_1 - v_2$$

ga teng bo'ladi.

Daryoda oqib borayotgan sol ustidagi odam oqim yo'nalishiga nisbatan α burchak ostida o'zgarmas tezlik bilan harakatlanmoqda (14-a rasm).



14-rasm

Odamning yerga (qirg'oqqa) nisbatan natijaviy ko'chish moduli quyidagiga teng:

$$S_{nat}^2 = S_1^2 + S_2^2 - 2 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot \cos(\pi - \alpha) \text{ yoki } S_{nat}^2 = S_1^2 + S_2^2 + 2 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot \cos \alpha$$

Agar oxirgi ifodaning ikkala tarafini hadma-had t^2 ga bo'lib chiqsak, odamning qirg'oqqa nisbatan natijaviy tezlik moduli kelib chiqadi:

$$v_{nat}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos(\pi - \alpha) \text{ yoki } v_{nat}^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos \alpha$$

Demak odam oqimga perpendikulyar yo'nalishda harakatlansa, u holda odamning qirg'oqqa nisbatan tezligi Pifagor teoremasiga ko'ra topiladi (14-b rasm):

$$v_{nat}^2 = v_1^2 + v_2^2$$

Yuqori keltirilgan fikrlarga ko'ra qayiqning daryoda suzishi borasidagi fizik masalalarga yechim topish mumkin. Masalan, oqim tezligi v_{oq} bo'lgan daryoda qayiq suvga nisbatan v_q tezlik bilan suzmoqda. Qayiq oqim bo'ylab suzganda uning qirg'oqqa nisbatan tezligi $v = v_q + v_{oq}$ ga, oqimga qarshi suzganda esa $v = v_q - v_{oq}$ ga teng bo'ladi. Shunga ko'ra qayiqning qirg'oqqa nisbatan ko'chishi oqim bo'ylab suzganda $S = (v_q + v_{oq}) \cdot t$ ga, oqimga qarshi suzganda esa $S = (v_q - v_{oq}) \cdot t$ ga teng bo'ladi.

Nisbiy harakat. Ikkita jism yerga nisbatan v_1 va v_2 tezliklar bilan bir yo'nalishda harakatlansin. Bunda birinchi jism yerga nisbatan $\vec{S}_1$ ko'chishni amalga oshirgan vaqtda ikkinchisi $\vec{S}_2$ ga ko'chgan bo'ladi. Agar birinchi jismning harakati ikkinchi jismga nisbatan kuzatilsa, ikkinchi jismning yerga nisbatan harakati ko'chma, birinchi jismning yerga nisbatan harakati natijaviy va birinchi jismning ikkinchisiga nisbatan harakati esa nisbiy hisoblanadi. Shunga ko'ra: $\vec{S}_1 = \vec{S}_{nat}$, $\vec{S}_2 = \vec{S}_{ko'ch}$, $\vec{S}_{nat} = \vec{S}_{ko'ch} + \vec{S}_{nis} \Rightarrow \vec{S}_1 = \vec{S}_2 + \vec{S}_{nis}$

Demak, ikkita jism bir yo'nalishda harakatlanganda birinchisining ikkinchisiga nisbatan ko'chishi va nisbiy tezligi quyidagicha:

$$\boxed{S_{nis} = S_1 - S_2} \text{ va } \boxed{v_{nis} = v_1 - v_2}$$

Ikkinchi jismning harakati birinchisiga nisbatan kuzatilganda:

$$\boxed{S_{nis} = S_2 - S_1} \text{ va } \boxed{v_{nis} = v_2 - v_1}$$

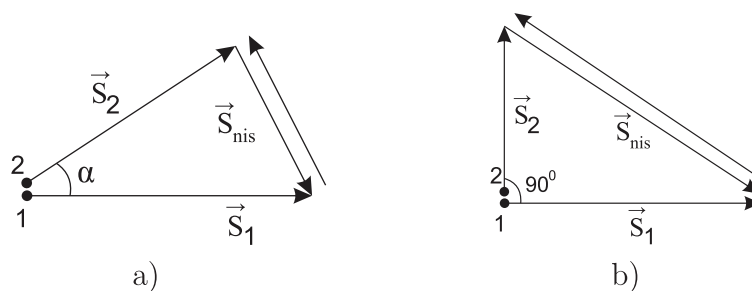
Agar jismlar qarama-qarshi harakatlansa, ularning nisbiy ko'chishi va nisbiy tezligi quyidagicha:

$$\boxed{S_{nis} = -(S_1 + S_2)} \text{ va } \boxed{v_{nis} = -(v_1 + v_2)}$$

Lekin, qarama-qarshi harakatda ko'pchilik holatlarda nisbiy ko'chish va nisbiy tezlik modullari qaralgani uchun:

$$\boxed{S_{nis} = S_1 + S_2} \text{ va } \boxed{v_{nis} = v_1 + v_2}$$

Endi faraz qilaylik, jismlar o'zaro α burchak ostida harakatlansin (15-a rasm):



15-rasm

Bu holatda harakat qaysi jismga nisbatan kuzatilayotgan bo'lsa, nisbiy ko'chish

vektorining oxiri o'sha jism ko'chish vektorini oxiri bilan ustma-ust tushadi. Natijada jismlarning nisbiy ko'chish va nisbiy tezlik modullari quyidagicha topiladi:

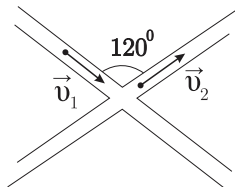
$$\boxed{S_{nat}^2 = S_1^2 + S_2^2 - 2 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot \cos \alpha} \text{ va } \boxed{v_{nat}^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos \alpha}$$

Agar bu jismlar o'zaro tik yo'nalishlarda harakatlansa (15-b rasm):

$$\boxed{S_{nat}^2 = S_1^2 + S_2^2} \text{ va } \boxed{v_{nat}^2 = v_1^2 + v_2^2}$$

Mavzuga oid masalalar

1. Ikkita avtomobil mos ravishda 54 km/h va 72 km/h tezliklar bilan bir yo'nalishda harakatlanmoqda. Birinchi avtomobilning ikkinchisiga nisbatan tezligini aniqlang va aksincha. (-5 m/s; 5 m/s)
2. Ikkita avtomobil mos ravishda 36 km/h va 54 km/h tezliklar bilan qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanmoqda. Birinchi avtomobilning ikkinchisiga nisbatan tezligini aniqlang va aksincha. (-25 m/s; -25 m/s)
3. O'zaro 120° burchak ostida kesishuvchi yo'llarda ikkita avtomobil harakatlanmoqda. Birinchi avtomobil chorrahaga 36 km/h tezlik bilan yaqinlashmoqda. Ikkinchi avtomobil esa 10 m/s tezlik bilan narigi yo'lda chorrahadan uzoqlashmoqda. Avtomobillar nisbiy tezligining modulini hisoblang. (10 m/s)



4. Jism bir vaqtda o'zaro 60° burchak hosil qilib yo'nalgan ikki tekis harakatda qatnashadi. Ikkala harakatning harakat tezliklari 3 m/s ga teng. Natijalovchi harakat tezligini toping. ($3\sqrt{3}$ m/s)
5. Velosipedchi va piyoda mos ravishda 4 m/s va 3 m/s tezliklar bilan o'zaro perpendikulyar (tik) yo'nalishlarda harakatlanmoqdalar. Ularning nisbiy tezlik modulini toping. (5 m/s)
6. Vertolyot 24 m/s tezlik bilan shimol tomon uchmoqda. G'arb tomondan 10 m/s tezlikda shamol essa, vertolyot qanday tezlik bilan uchadi? (26 m/s)

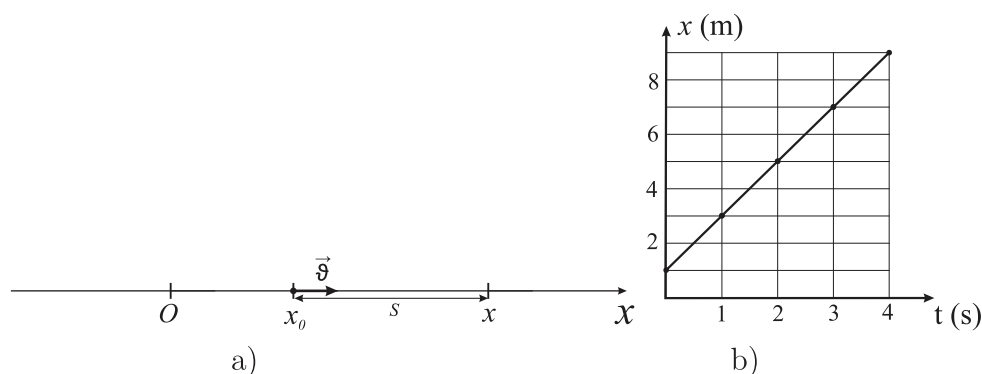
7. Quyon janub tomon 3 m/s tezlik bilan yugurib ketmoqda. Uning ustidan uchib o'tayotgan burgutga nisbatan quyon g'arbga tomon 4 m/s tezlik bilan ketayotgandek ko'rinsa, burgutning uchish tezligi va harakat yo'nalishini aniqlang. (5 m/s; janubi-sharqiy yo'nalishda meridianga nisbatan $\arctg(4/3)$ burchak ostida)
8. Teploxodning daryo oqimi bo'yicha tezligi 21 km/h, daryo oqimiga qarshi tezligi 17 km/h. Daryo suvining oqish tezligi va teploxodning suvga nisbatan tezligini toping. (2 km/h; 19 km/h)
9. 15 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 100 m uzunlikdagi tanker qarama-qarshi yo'nalishda 10 m/s tezlik bilan tekis harakatlanayotgan 150 m uzunlikdagi boshqa tanker yonidan suzib o'tdi. Bir-birini yonidan o'tish qancha vaqt davom etgan? (10 s)
10. Daryoning to'g'ri chiziqli qismida ikkita shaharcha joylashgan bo'lib, ular orasidagi masofa 100 km ga teng. Kater bu masofani oqim bo'yicha 5 soatda, oqimga qarshi 10 soatda bosib o'tdi. Katerning oqim bo'yicha va oqimga qarshi yo'nalishda qirg'oqqa nisbatan tezliklarini toping. Katerning suvga nisbatan tezligi va daryoning oqim tezligini toping. (20 km/h; 10 km/h; 15 km/h; 5 km/h)
11. Qayiq daryodan suv oqimiga perpendikulyar yo'nalishda o'tmoqda. Qayiqning tezligi 1,4 m/s, oqim tezligi 0,7 m/s, daryo eni 308 m. Qayiq daryoni qancha vaqtda kesib o'tadi? Oqim qayiqni necha metrga surib ketadi? (220 s; 154 m)
12. 0,5 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan eskalatorda harakat yo'nalishida eskalator bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan 1 m/s tezlik bilan odam harakatlanmoqda. Odamning 10/3 s da eskalatorga nisbatan va yerga nisbatan ko'chishlarini toping. (10/3 m; 5 m)

To'g'ri chiziqli tekis harakat tenglamalari va grafiklari

Fizikada harakatni tenglama va grafiklar bilan tavsirlash juda ko'p qulayliklarga sabab bo'ladi. Bu mavzuni to'liq tushunib olish uchun nisbatan sodda holatni ko'rib o'tamiz.

Moddiy nuqta OX o'qida o'qning musbat yo'nalishi bo'ylab to'g'ri chiziqli tekis harakat qilsin. Moddiy nuqtaning boshlang'ich koordinatasi x_0 ga teng (16-a rasm).

Harakat x_0 dan boshlangach moddiy nuqta x koordinataga yetib borishi uchun S masofani bosib o'tadi: $x = x_0 + S$, $S = v \cdot t \Rightarrow x = x_0 + v \cdot t$. Demak, OX o'qining musbat yo'nalishi bo'ylab to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan moddiy nuqta yoki jismning harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:



16-rasm

$$x = x_0 + v_x \cdot t; v_x > 0$$

Lekin masalaning yana bir tarafi ham mavjud. Moddiy nuqtada OX o'qining manfiy yo'nalishi bo'ylab, ya'ni OX o'qiga teskari harakatlanishi ham mumkin. U holda: $x = x_0 - S$, $S = v \cdot t \Rightarrow x = x_0 - v \cdot t$. Demak, OX o'qining manfiy yo'nalishida to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan moddiy nuqta yoki jismning harakat tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = x_0 - v_x \cdot t; v_x < 0$$

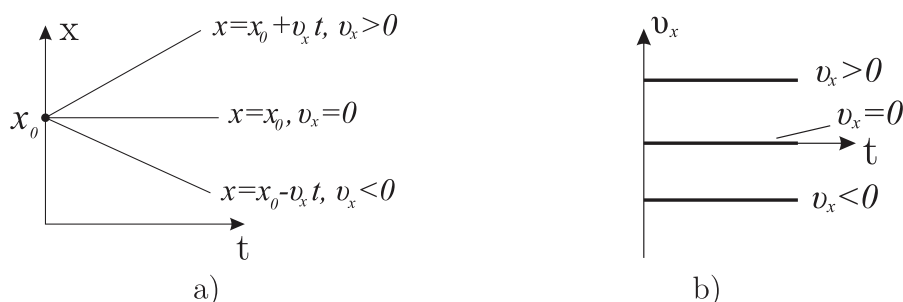
Misol sifatida moddiy nuqta $x = 1 + 2t$ [m] qonunga ko'ra harakatlansin. Bunda tezlik 2 m/s ga teng va harakat yo'nalishi X o'qi yo'nalishida. Tenglama orqali har sekunddagi moddiy nuqtaning koordinatasini aniqlab chiqamiz va ularni jadval ko'rinishiga keltiramiz (2-jadval):

2-jadval

$t(s)$	0	1	2	3	4
$x(m)$	1	3	5	7	9

Mazkur jadvalni x, t koordinatalar tekisligida tavsirlaymiz (16-b rasm). Agar 0-4 s intervalda barcha koordinatalar belgilab chiqilsa, rasmdagidek grafik yuzaga keladi. Bu grafik $x = 1 + 2t$ [m] tenglamaning grafigi hisoblanadi.

Aynan yuqorida keltirilgan misolga ko'ra quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin (17-rasm):



17-rasm

Rasmda $x = x(t)$ harakat grafigiga (17-a rasm) mos $v = v(t)$ tezlik grafigi (17-b rasm) keltirilgan.

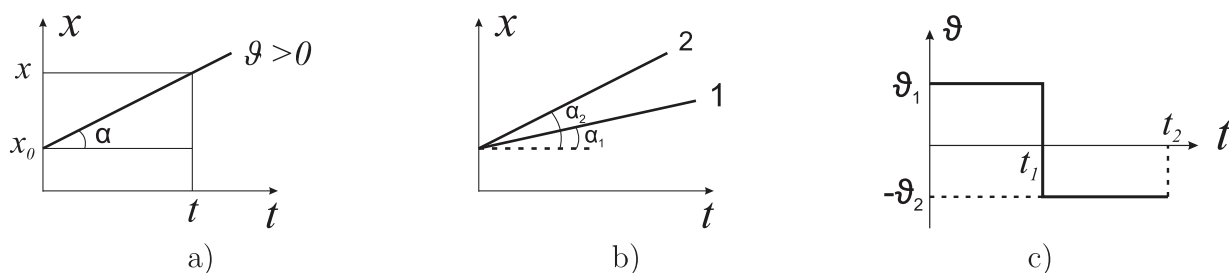
Anglash mumkinki, bosib o'tilgan yo'l oxirgi va boshlang'ich koordinatalar ayirmasining moduliga teng:

$$S_x = |x - x_0|.$$

Endi $x = x(t)$ harakat gragining t o'qi bilan tashkil qilgan burchagining tangensini hisoblab ko'ramiz (18-a rasm).

$tg\alpha = \frac{x-x_0}{t} = \frac{S}{t} = v$. Demak bu burchak tangensi grafik burchak koeffitsiyenti bo'lib, u tezlikka teng: $tg\alpha = v$. Aytish lozimki, $\alpha \in (0; 90^\circ)$ intervalda burchak tangensi o'suvchi hisoblanadi. Shunga ko'ra (18-b rasm): $\alpha_1 < \alpha_2$, $tg\alpha_1 < tg\alpha_2$, $v_1 < v_2$.

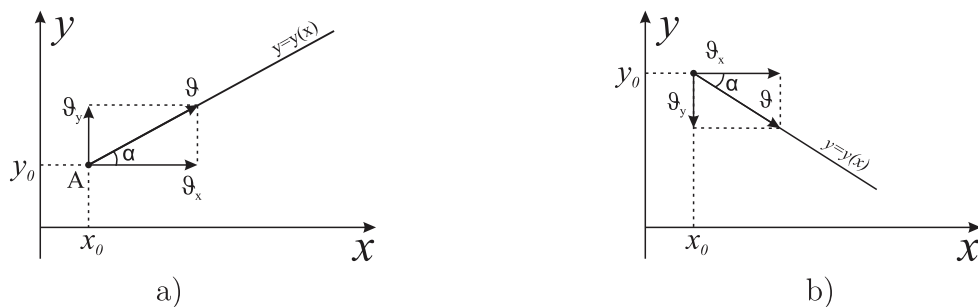
Agar bitta x, t koordinatalar tekisligida ikkita jismning harakat grafiklari berilgan va ular o'zaro kesishgan bo'lsa, bilingki, ular bir-biri bilan uchrashgan bo'ladi. Kesishish nuqtasi uchrashuv joyi va vaqtini bildiradi.



18-rasm

Misol sifatida yana bitta holatni ko'rib o'tamiz (18-c rasm). Grafikdan ko'rinadiki, jism oldin $0 \div t_1$ vaqt intervalida v_1 tezlik bilan, keyin esa $t_1 \div t_2$ vaqt intervalida $-v_2$ tezlik bilan teskariga harakatlangan. Bu holatda jismning umumiy bosib o'tgan yo'li $L = v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot (t_2 - t_1)$ ga, umumiy ko'chishi esa $S = v_1 \cdot t_1 - v \cdot (t_2 - t_1)$ ga teng bo'ladi.

Yuqorida ko'rilganlar jismning faqat OX o'qidagi harakati edi. Lekin jism OX o'qiga qiya yo'nalishda ham to'g'ri chiziqli tekis harakatlanishi mumkin. Jism A ($x_0; y_0$) nuqtadan X o'qiga α burchak ostida to'g'ri chiziqli tekis harakat qilsin (19-a rasm).



19-rasm

Bu holatda jism uchun X o'qi bo'yicha va Y o'qi bo'yicha tenglamalarni tuzish talab etiladi:

$$\begin{cases} x = x_0 + v_x \cdot t \\ y = y_0 + v_y \cdot t \end{cases}$$

Agar jism 19-b rasmdagidek harakatlansa, u holda jism harakat tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\begin{cases} x = x_0 + v_x \cdot t \\ y = y_0 - v_y \cdot t \end{cases}$$

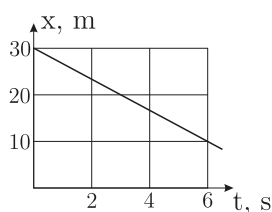
Yuqoridagi $x = x(t)$ va $y = y(t)$ tenglamalarida vaqtlarni tenglab, $y = y(x)$ trayektoriya tenglamasini tuzish mumkin.

Bundan tashqari quyidagilarni ham yozish mumkin:

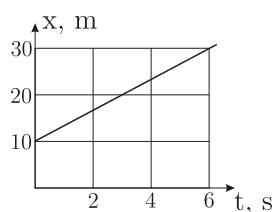
$$v_x = v \cdot \cos\alpha, v_y = v \cdot \sin\alpha, v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \operatorname{tg}\alpha = \frac{v_y}{v_x}.$$

Mavzuga oid masalalar

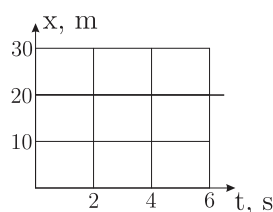
1. Ikkita moddiy nuqta $x_1 = -1 + 4t$ [m] va $x_2 = 3 + 2t$ [m] qonuniyatlarga ko'ra harakatlanmoqda. Moddiy nuqtalarning uchrashish joyi va vaqtini toping. (7 m; 2 s)
2. Ikkita moddiy nuqta $x_1 = 1 + 5t$ [m] va $x_2 = 8 - 2t$ [m] qonuniyatlarga ko'ra harakatlanmoqda. Ularning nisbiy tezlik modulini toping. Ular uchrashuv-gacha har biri qanchadan masofalarni bosib o'tadi? (7 m/s; 5 m ; 2 m)
3. Quyida keltirilgan har bir holatdagi $x = x(t)$ harakat grafiklarining tenglamalarini tuzing.



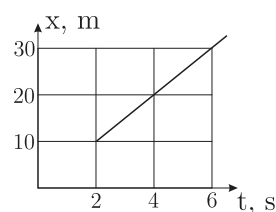
a)



b)

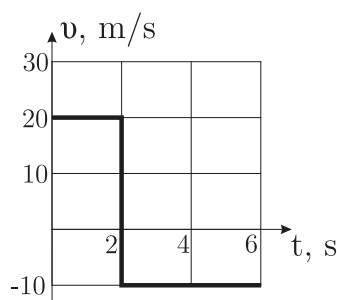


c)

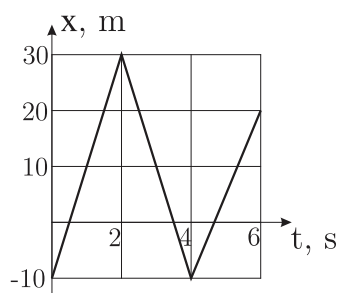


d)

4. Jism OX o'qida $x = 2 + t$ [m] qonunga ko'ra harakatlanmoqda. Harakat grafigi vaqt o'qi bilan qanday burchakni tashkil etadi? (45°)
5. Moddiy nuqta XOY tekisligida $x = 2 + 3t$ [m], $y = 1 + 4t$ [m] qonunlarga ko'ra to'g'ri chiziqli tekis harakat qilmoqda. Moddiy nuqtaning tezligini toping. Moddiy nuqtaning trayektoriya tenglamasini tuzing. (5 m/s; $y = \frac{4}{3}x - \frac{5}{3}$)
6. Quyida keltirilgan $v = v(t)$ tezlik grafigidan foydalangan holda 6 s da jismning yo'li va ko'chishini hisoblang. (80 m; 0 m)



7. Samolyot kuzatish boshlangan paytda boshlang'ich koordinatalari $x_0=0$, $y_0=400$ m bo'lgan nuqtada bo'lib, XOY vertikal tekislikda gorizontga 30° burchak ostida 100 m/s tezlik bilan tekis va to'g'ri ko'tariladi. Koordinatalarning vaqtga bog'liqlik tenglamalari $x = x(t)$, $y = y(t)$ ni va trayektoriya tenglamasi $y = y(x)$ ni yozing. ($x = 50\sqrt{3}t$; $y = 400 + 50t$; $y = 400 + x/\sqrt{3}$)
8. Rasmda keltirilgan $x = x(t)$ harakat grafigidan foydalangan holda jismning 6 s vaqtdagi yo'li va ko'chishini hisoblang. (110 m; 30 m)



3. Notekis harakat. O'rtacha tezlik

2-mavzuda ko'rilgan to'g'ri chiziqli tekis harakat odatda nisbatan juda kam uchraydi. Jism o'z harakatining kichik qismidagina to'g'ri chiziqli tekis harakat qilishi mumkin. Qolgan qismida esa uning tezligi o'zgaradi. Tezlikning moduli bo'yicha o'zgaruvchi harakat *notekis harakat* deb ataladi.

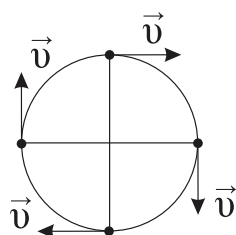
Tekis harakat holida jism teng vaqtlarda teng masofalarni o'tadi va tezlik o'zgarmas saqlanadi:

$$v = \frac{S_1}{t_1} = \frac{S_2}{t_2} = \frac{S_3}{t_3} = \dots = \frac{S_n}{t_n} = \text{const}$$

Notekis harakat holida esa tezlik o'zgaruvchi va teng vaqtlarda har xil masofalar o'tiladi:

$$v_1 = \frac{S_1}{t_1}; v_2 = \frac{S_2}{t_2}; v_3 = \frac{S_3}{t_3}; \dots; v_n = \frac{S_n}{t_n}$$

Shuning uchun o'zgaruvchan harakatni tavsiflashda tezlik tushunchasi kengaytiriladi: yangi "butun yo'ldagi o'rtacha tezlik", "qismdagi o'rtacha tezlik", "o'rtacha ko'chish tezligi" va "nuqtadagi tezlik" yoki "oniy tezlik" tushunchalari kiritiladi.

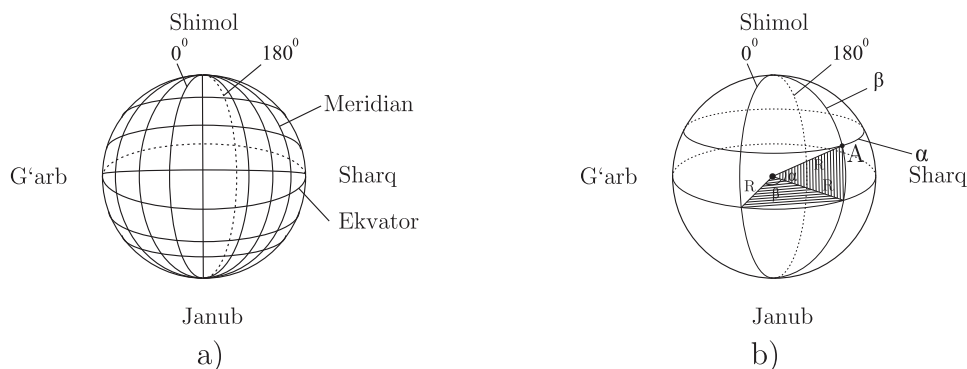


42-rasm

aylana bo'ylab biror α burchakka burilganda tezlik vektorining o'zgarishini quyidagicha ifodalaymiz: $\Delta v = \sqrt{v^2 + v^2 - 2v \cdot v \cdot \cos \alpha}$

Sayyoralarning o'z o'qi atrofida aylanishi. Ma'lumki, nuqtaning vaziyatini ko'rsatishda koordinatalar sistemasidan foydalaniladi. Bunda albatta Dekart koordinatalar sistemasi qo'l keladi. Lekin uni qo'llash ba'zi noqulayliklarga olib keladigan holatlar ham mavjud. Masalan, Yer sirtida joylashgan biror nuqtaning vaziyatini ko'rsatish talab qilinsin. Bu biroz noqulay bo'ladi. Chunki, Yer sharsimon shaklda.

Yer sirtidagi nuqtalarni vaziyatini aniqlashda maxsus geografik koordinatalar kiritilgan. Bu koordinatalar qutblardan o'tuvchi meridian chiziqlari va ekvatorga parallel bo'lgan Yer sharini o'rab turuvchi kenglik chiziqlaridan iborat (43-a rasm). Londonda joylashgan Grinvich observatoriyasi ustidan o'tuvchi



43-rasm

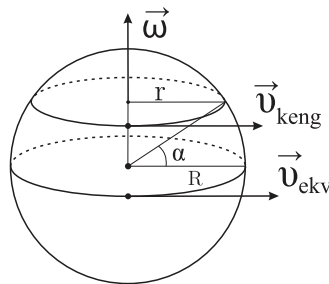
meridian chizig'i bosh meridian bo'lib, nolinci gradusdagi meridian sifatida kelishilgan. Nolinci meridiandan sharqda 180^0 da joylashgan mediangacha *sharqiy uzunlik* deb ataladi. Nolinci meridiandan g'arbda 180^0 da joylashgan mediangacha *g'arbiy uzunlik* deb ataladi. 180^0 ni o'zida joylashgan median chizig'i *sana o'zgarish chizig'i* hisoblanadi. Yer o'z o'qi atrofida aylanishi tufayli bu chiziqdan sana o'zgaradi. Ekvator chizig'idan "yuqorisi" shimoliy yarim shar, "pasti" esa janubiy yarim shar deb ataladi. Shunga mos ravishda shimoliy kenglik chiziqlari va janubiy kenglik chiziqlari joylashgan. Ekvator chizig'i nolinci gradusdagi kenglik hisoblanadi. Shunday qilib, Yer sitidagi biror nuqtaning geografik koordinatasi ko'rsatilganda shu nuqtadan o'tuvchi meridian va kenglik chiziqlari bilan belgilanadi (kesishmasiga ko'ra).

Faraz qilaylik, Yer sirtida joylashgan A nuqtaning geografik koordinatasini

ko'rsatish talab qilinsin (43-b rasm). Uning geografik koordinatasi quyidagicha aniqlanadi: α gradus shimoliy kenglik, β gradus sharqiy uzunlik.

O'z o'qi atrofida aylanuvchi istalgan shar shaklidagi sayyora sirtidagi nuqtalarning chiziqli tezligi sharqiy yoki g'arbiy uzunlik bo'yicha bir xil bo'ladi. Lekin shimoliy yoki janubiy kenglik bo'yicha chiziqli tezlik o'zgaradi.

Sayyoralarda o'z o'qi atrofida aylanishi tufayli sayyora sirtidagi nuqtalarning chiziqli tezligini hisoblab ko'ramiz (44-rasm).



44-rasm

Sayyora ekvatorida joylashgan nuqtalar ekvatorial radiusga teng radiusli aylana bo'ylab harakatlanadilar va ularning chiziqli tezligini quyidagicha ifodalaymiz:

$$v_{ekv} = \frac{2\pi R}{T}$$

bunda: R-sayyoraning ekvatorial radiusi; T-sayyoraning o'z o'qi atrofida aylanish davri, bu davr sayyoraning barcha nuqtalari uchun bir xil.

Kengliklarda sayyora sirtidagi nuqtalar aylanish radiusining o'zgarishini ko'rish mumkin: $r = R \cdot \cos \alpha$. Shunga ko'ra sayyora sirtida kengliklardagi nuqtalarning chiziqli tezliklarini quyidagicha ifodalaymiz:

$$v_{keng} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi R}{T} \cdot \cos \alpha$$

bunda; α -kenglik burchagi.

Qo'shimcha ma'lumot sifatida quyidagilarni keltiramiz:

- Yerning o'z o'qi atrofida aylanish davri 1 d (sutka)=24 h=86400 s;
- Yerning Quyosh atrofida aylanish davri 1 yil=365 d;
- Oyning Yer atrofida aylanish davri 1 oy=30 d;
- Yerning o'rtacha radiusi 6400 km;
- Ekvatorida joylashgan Yer sirti nuqtalarining chiziqli tezligi taxminan $v_{ekv} = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6400000}{86400} \approx 465$ m/s ga teng.

Mavzuga oid masalalar

- Harakat I g'ildirakdan II g'ildirakka tasmali uzatma yordamida uzatiladi. G'ildirak radiuslari mos ravishda 20 cm va 10 cm. Agar I g'ildirak minutiga 180 marta aylansa, II g'ildirakning burchak tezligini toping. (12π rad/s)

Jism og'irligi

Oldingi mavzuda biz og'irlik kuchini ko'rib o'tgan edik. Yerning gravitatsion maydonida erkin harakatlanayotgan jismga faqat $m\vec{g}$ og'irlik kuchi ta'sir qiladi va $\vec{g}$ tezlanishga ega bo'ladi. Lekin, jism osma yoki tayanchga qo'yilgan bo'lishi mumkin. Bunda jism Yerga tortilishi tufayli osma yoki tayanchga ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sir *jism og'irligi* deb ataladi. Demak, Yer tomonidan jismga ta'sir qiluvchi tortish kuchi og'irlik kuchi, jismning Yerga tortilishi tufayli boshqa jismga ko'rsatadigan ta'sir kuchi jism og'irligi deb ataladi. Jism og'irligini P harfi bilan belgilaymiz. Jism og'irligi tayanch yoki osmaga tushgani uchun $\vec{F}$ aks ta'sir kuchi jism og'irligiga modul jihatdan teng va yo'nalish jihatidan teskari bo'ladi: $\vec{F} = -\vec{P}$. Bu holatda og'irlik kuchi hamda aks ta'sir kuchining birgalikdagi ta'siri natijasida jismning harakatini aniqlovchi tenglama umumiy holatda quyidagicha yoziladi:

$$\vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$\vec{F} = -\vec{P}$ ekanligidan jism og'irligini topish formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{P} = m \cdot (\vec{g} - \vec{a})$$

Bu tenglama jism og'irligining moduli va yo'nalishini ifodalaydi. Demak, jism og'irligi $\vec{a}$ tezlanish moduli va yo'nalishiga bog'liq. Jism og'irligi modulini topish uchun tenglama tomonlarining modulini hisoblaymiz:

$$P = m \cdot \sqrt{g^2 + a^2 - 2 \cdot g \cdot a \cdot \cos\alpha}$$

Bunda: α - $\vec{a}$ va $\vec{g}$ orasidagi burchak.

Diqqat! *Jism og'irligining yo'nalishi doimo $\vec{g} - \vec{a}$ vektor yo'nalishiga mos keladi.*

Endi jism og'irligining modulini hisoblash bo'yicha xususiy holatlarni ko'rib o'tamiz.

Vertikal yuqoriga tezlanuvchan yoki pastga sekinlanuvchan harakatda $\vec{a}$ yo'nalishi yuqoriga yo'nalgan bo'lib, $\vec{g}$ yo'nalishiga teskari bo'ladi ($\alpha = \pi$ rad). Bunda jism og'irligining moduli quyidagicha aniqlanadi:

$$P = m \cdot (g + a)$$

Vertikal yuqoriga sekinlanuvchan yoki pastga tezlanuvchan harakatda $\vec{a}$ yo'nalishi pastga yo'nalgan bo'lib, $\vec{g}$ yo'nalishiga mos keladi ($\alpha = 0$ rad). Bunda jism og'irligining moduli quyidagicha ifodalanadi:

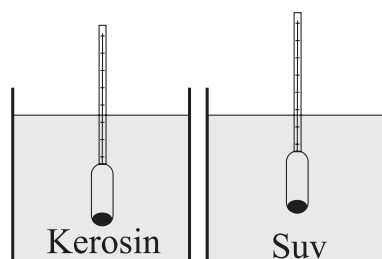
$$P = m \cdot |g - a|$$

Agar $\vec{a}$ va $\vec{g}$ o'zaro perpendikulyar bo'lsa, jism og'irligining moduli quyidagicha topiladi:

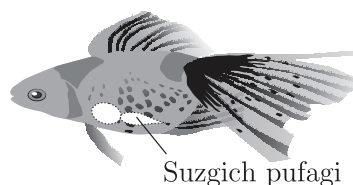
$\rho \cdot V_b = \rho_j \cdot (V - k \cdot V)$. Demak, sharning $V_b = \frac{(1 - k) \cdot \rho_j}{\rho} \cdot V$ hajmi suvga botib suzmoqda.

Tabiatda va kundalik turmushda Arximed kuchining o'рни beqiyos. Bu kuch tufayli kemalar suvda, havo sharlari havoda suzadi. Bu kabi misollarni juda ko'p keltirish mumkin.

Arximed kuchi hisobiga ishlaydigan suyuqlik zichligini o'lchovchi asbob yaratilgan. Uning nomi *areometr* deb ataladi. Areometr maxsus shkalaga ega bo'lgan naychadan iborat. Shkala zichlik shkalasidan tuzilgan. Areometrning suyuqlikka qo'yilganda uning botishi tufayli suyuqlik sathining naychadagi shkalada qaysi bo'linga kelganiga qarab suyuqlik zichligi aniqlanadi. Suyuqlik zichligi qancha katta bo'lsa, areometr suyuqlikka shuncha kam botadi. Buni kerosin va suvda ko'rish mumkin (116-a rasm)



a)



b)

116-rasm

Baliqlar suvda juda yaxshi suzadi. Lekin ularda ham Arximed kuchiga aloqador bitta qiziq narsa bor. Bu albatta uning qornida joylashgan suzgich pufagidir (116-b rasm). Pufak devorlarini mayda qon tomirlari o'rab turadi. Qon tomirlaridan gazlar ajralib chiqib, pufakni to'ldiradi. Baliq suv ichida yuqoriga ko'tarilmoqchi bo'lsa, pufakchanning hajmini kattalashtiradi (Arximed kuchini oshirish uchun). Suv tubiga sho'ng'imoqchi bo'lsa, uning hajmini kichraytiradi. Baliqlardagi xuddi shu holatdan suvosti kemalariga andozalar olingan. Suvosti kemalarida maxsus qo'shimcha hajm sisternalari mavjud. Agar kema yuqoriga ko'tarilmoqchi bo'lsa, o'sha sisternalardagi suvni havo yordamida haydab chiqarib qo'shimcha hajmni hosil qiladi va Arximed kuchi ortadi. Yuqoriga ko'tarilishda Arximed kuchi katta yordam beradi. Suv tubiga sho'ng'ishda esa mazkur sisternalarni yana suvga to'ldirib, Arximed kuchini kamaytiradi.

Mavzuga oid masalalar

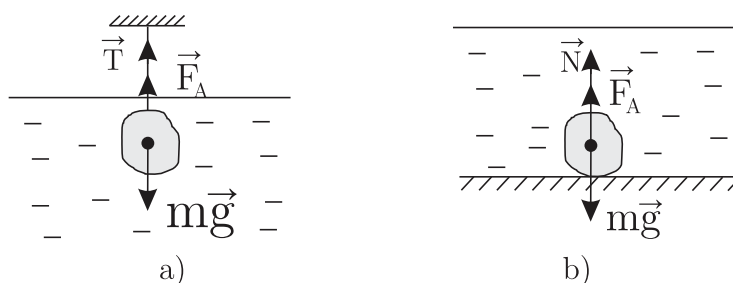
1. Hajmi 2 m^3 bo'lgan jism kerosinga to'la botirilganda jismga kerosin tomonidan ta'sir qiluvchi Arximed kuchini toping. $\rho_{ker}=800 \text{ kg/m}^3$. $g=10 \text{ N/kg}$. (16 kN)
2. O'lchamlari $3,5 \times 1,5 \times 0,2 \text{ m}$ bo'lgan temir beton plita butunlay suvga botirildi. Plitaga ta'sir qiluvchi Arximed kuchini toping. $\rho_{suv}=1000 \text{ kg/m}^3$. $g=10 \text{ N/kg}$. (10,5 kN)

15. Ichi kovak metall shar suvda yarmi botgan holda suzmoqda. Kovak hajmi shar to'la hajmining necha foizini tashkil etadi? $\rho_{suv}=1 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{met}=5 \text{ g/cm}^3$. (90 %)

Jismlarning suyuqliklardagi og'irligi. Jismlarning suyuqlikda va havoda yuk ko'tarishi

Arximed kuchining qiymati jism hajmidan tashqari muhitning zichligi bilan ham bog'liq. Havoning zichligi suyuqliklarga qaraganda ancha kichik. Shuning uchun unchalik katta hajmga ega bo'lmagan jismlarga havo tomonidan ta'sir qiluvchi Arximed kuchi hisobga olmas darajada kichikdir. Shunga ko'ra dinamometrda osilgan yukning og'irligini vakuumdan tashqari havoda ham mg ga teng deya olamiz. Agar suyuqlikda cho'kadigan jismni dinamometrda ossak, uning og'irligi mg ni o'lchaydi. Jism suyuqlikka to'la tushirilsa, dinamometr jism og'irligining kamayishini ko'rsatadi. Lekin, bu bilan jism og'irligi kamayadi deyish noo'rin bo'ladi. Aslida bu jarayonda jism og'irligi saqlanib qoladi. Suyuqlikda jismga Arximed kuchi ta'sir qiladi. Bunda xuddiki, suyuqlik jism og'irligining bir qismini o'ziga oluvchi "tayanch" vazifasini bajaradi. Shuning uchun jism og'irligi dinamometr hamda suyuqlikka taqsimlanmoqda. Natijada dinamometr ko'rsatishi jismning havodagi og'irligidan kichikdir.

Demak, suyuqlikda cho'kadigan jism suyuqlik ichida ushlab turilgan bo'lsa, jism og'irligi suyuqlikka va osma yoki tayanchga taqsimlanadi (117-rasm):



117-rasm

$$\boxed{T + F_A = m \cdot g} \quad \boxed{N + F_A = m \cdot g}$$

Suyuqlikda cho'kmaydigan jism suyuqlikda hajmining ma'lum qismi botib suzadi. Jism og'irligi hamda jismning botgan qismiga ta'sir qiluvchi Arximed kuchi o'zaro muvozanatlashadi. Agar jism ustiga oz-ozdan qo'shimcha yuk ortilib borsa, jism suyuqlikka botib boraveradi. Bunda jismning suyuqlikka botayotgan qo'shimcha hajmiga ta'sir qiluvchi Arximed kuchi ortilayotgan yuk og'irligiga tengdir: $\Delta F_A = \Delta m \cdot g$, bunda: $\Delta F_A = \rho g \Delta V$, ΔV -jismning suyuqlikka qo'shimcha botgan hajmi, Δm -ortilgan yuk massasi. Jism to'liq suyuqlikka botgandan so'ng unga boshqa yuk ortib bo'lmaydi. Chunki, endi u cho'kib ketadi. Demak jism suyuqlikka to'la botguncha yuk ko'tara oladi (118-a rasm). Bunda yuk va jism og'irligi maksimal Arximed kuchiga tenglashadi. Suyuqlikka

M U N D A R I J A

SO‘Z BOSHI.....	3
QISQACHA MATEMATIKA KURSI.....	4
FIZIKA FANIGA KIRISH.....	15

MEXANIKA

I BOB. KINEMATIKA.....	18
1. Kinematikaning asosiy tushunchalari.....	18
2. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat.....	22
3. Notekis harakat. O‘rtacha tezlik.....	33
4. To‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakat.....	37
5. Og‘irlik kuchi maydonidagi harakat.....	46
6. Aylana bo‘ylab harakat.....	59
II BOB. DINAMIKA.....	75
1. Dinamikaga kirish. Kuchlar.....	75
2. Jismlarning inertligi. Massa va zichlik.....	78
3. Nyuton qonunlari.....	81
4. Gravitatsiya kuchlari.....	87
5. Elastiklik kuchlari.....	97
6. Ba‘zi fizik masalalarni yechish bo‘yicha tavsiyalar.....	101
7. Ishqalanish kuchlari.....	104
8. Bloklar.....	114
III BOB. STATIKA.....	120
1. Absolyut qattiq jism harakati. Jismlarning massa markazi.....	120
2. Kuchlar ta‘sirida jismlarning muvozanatlik shartlari.....	123
3. Qo‘zg‘almas aylanish o‘qiga ega bo‘lgan jismlarning muvozanatlik shartlari..	125
IV BOB. SAQLANISH QONUNLARI.....	131
1. Jism impulsi. Kuch impulsi.....	131
2. Impulsning saqlanish qonuni.....	134

3. Kuchning bajargan ishi.....	139
4. Mexanik energiya.....	142
5. Energiyaning saqlanish qonuni.....	147
6. Quvvat. FIK.....	157
V BOB. SUYUQLIK VA GAZLAR MEXANIKASI.....	162
1. Mexanik bosim. Suyuqlik va gazlar bosimi. Paskal qonuni.....	162
2. Gidravlik press. Tutash idishlar.....	168
3. Atmosfera bosimi. Torrichelli tajribasi.....	173
4. Arximed kuchi.....	177
5. Jismlarning suyuqlikdagi va havodagi harakati.....	188
6. Harakatlanuvchi suyuqliklar va gazlar.....	191
MOLEKULYAR FIZIKA	
I BOB. MOLEKULYAR KINETIK-NAZARIYASI ASOSLARI.....	199
1. Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy qonun-qoidalari.....	199
2. Modda miqdori. Nisbiy atom massa va molyar massa.....	202
3. Temperatura. Ideal gaz. Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi...	206
4. Ideal gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi. Molekulalar chiziqli o'lchami.....	210
5. Ideal gaz holat tenglamalasi.....	212
6. Klapeyron tenglamasi.....	215
7. Izojarayonlar.....	217
II BOB. TERMODINAMIKA ASOSLARI.....	227
1. Ichki energiya. Termodinamik ish.....	227
2. Termodinamikaning birinchi qonuni.....	232
3. Moddalarni qizdirish va sovitish.....	238
4. Yonish.....	242
5. Issiqlik balansini tenglamasi.....	244
6. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Issiqlik mashinalari.....	246

III BOB. MODDA AGREGAT HOLATLARI.....	254
1. Suyuqliklarda sirt hodisalari.....	254
2. Suyuqliklar bug‘lanishi va kondensatsiya. Bug‘. Qaynash. Kritik temperatura.....	262
3. Havoning namligi.....	269
4. Qattiq jism xossalari.....	273
5. Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishi.....	279
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	284

Jumaniyazov Temurbek Yangiboyevich

MEXANIKA VA MOLEKULAR FIZIKA

Fizikani o'rganuvchilar uchun

“XORAZM ILM ZIYO” NTM da tayyorlandi.

“XORAZM ILM ZIYO” NTM tomonidan bosishga ruxsat etildi: 23.09.2019

UTF8 (Unicode). Nashr tabog'i 18. Adadi 3000 nusxa.

Manzil: Xorazm viloyati, Urganch shahri, Gurlan ko'chasi, 33/1 uy.

Murojaat uchun tel: +99899.....

Telegramdagi kanalamiz: @FizikaLife