

P.HABIBULLAYEV, A.BOYDEDAYEV, A.BAHROMOV

FIZIKA

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining
7- sinfi uchun darslik

MEXANIKA

O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi
tomonidan tasdiqlangan

Qayta ishlangan uchinchi nashri

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»
Davlat ilmiy nashriyoti
Toshkent – 2013

UO'K: 53(075)

22.3

H-11

M a s' u l m u h a r r i r :

K. Tursunmetov – fizika-matematika fanlari doktori,
O'zbekiston milliy universiteti professori.

T a q r i z c h i l a r :

- X. Mahmudova – Toshkent davlat pedagogika universiteti
«Fizika va uni o'qitish metodikasi» kafedrası
mudiri, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent;
Z. Sangirova – Respublika ta'lim markazi «Tabiiy va aniq
fanlar» bo'limining bosh metodisti;
A. Rustamov – Farg'ona viloyati Farg'ona tumanidagi
54-maktabning fizika o'qituvchisi;
J. Rahmatov – Toshkent shahri Yakkasaroy tumanidagi
48-maktabning fizika o'qituvchisi.

S h a r t l i b e l g i l a r :



– ta'rif va xulosalarni yod oling;



– formulani eslab qoling;



– tayanch tushunchalar;



– savol va topshiriqlar;



– eslatma;



– mashqning tartib raqami.

**Respublika maqsadli kitob jamg'armasi mablag'lari
hisobidan ijara uchun chop etildi.**

ISBN 978-9943-07-192-6

© «O'zbekiston milliy ensiklopediyasi»
Davlat ilmiy nashriyoti, 2005, 2009, 2013.

KIRISH

Mexanika nimani o'rganadi?

Siz 6-sinfda fizik kattaliklar, modda tuzilishi, mexanik, issiqlik, yorug'lik, tovush hodisalari haqida dastlabki ma'lumotlar oldingiz. Bu bilan fizika haqida ilk tasavvurlarga ega bo'ldingiz.

Endi fizikaning har bir bo'limini batafsilroq o'rganishni boshlaysiz. Jumladan, 7-sinfda «Mexanika» bo'limini o'rganasiz.

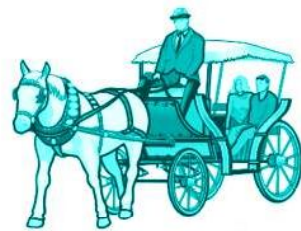
«Mexanika» so'zi qayerdan kelib chiqqan? Fizikaning «Mexanika» bo'limida nimalar o'rganiladi?

Inson qadim zamonlardayoq o'z ehtiyoji uchun uy-joy qurgan, hayvonlarni ovlagan, keyinchalik yer haydab dehqonchilik qilgan. Odamlar bu kabi faoliyatlarida eng sodda mashinalar – richag, qiya tekislik, pona, g'ildirak kabi oddiy mexanizmlardan foydalanганlar.

Miloddan avvalgi V asrda Afina armiyasida devor teshar mashinalar – taranlar, tosh uloqtiradigan qurilmalar qo'llanilgan.

Davr o'tishi bilan inson yanada murakkab bo'lgan qurilmalar – ko'prik va to'g'onlar qurdi, turli hunarmandchilik asboblari kashf etdi. Inson oddiy qayiqdan tortib ulkan kemalarni, aravadan tortib velosiped, avtomobil, raketalar ixtiro qildi (1-rasm).

Turli-tuman qurilma va mashinalarning yaratilishi, ularga bo'lgan ehtiyojning orta



1-rasm. Mexanik qurilmalar zamonlar osha takomillashib borgan.

borishi bilimlarni to'plashga, yangidan yangi bilimlarni egallashga zarurat tug'dirdi. Shu tariqa «Mexanika» fani vujudga keldi.



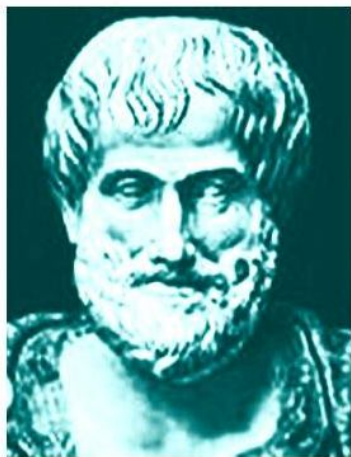
«Mexanika» so'zi yunonchadan olingan bo'lib, mashina haqidagi ta'limot degan ma'noni anglatadi.

Hozirda «Mexanika» qurilma va mashinalarni yaratish bilangina emas, balki jismlarning o'zaro ta'sirini, shu ta'sir natijasida ularning harakatini o'rganadi.



«Mexanika» jismlar va ularning o'zaro ta'siridagi harakatini o'rganadi.

Mexanika tarixidan ma'lumotlar



Aristotel

Yunon olimi **Aristotel** (miloddan avvalgi 384–322) «Fizika» kitobida birinchi marta «mexanika» so'zini qo'lladi va fanga kiritdi. Aristotel o'z kitobida Yerning olam markazida bo'lib, uning atrofida Quyosh va Oyning aylanishi, yuqoriga otilgan jismlarning yerga tushishi, richag va boshqa mexanizmlarning ishlashi haqida ham ma'lumotlarni keltirgan. Aristotelning jismlar harakatiga oid ta'limotlari o'sha zamonda ilg'or hisoblangan.

Yana bir qadimiy yunon olimi **Arximed** (miloddan avvalgi 287–212) birinchi bo'lib mexanik hodisalarni tahlil qilish uchun matematikani qo'lladi. U richagning ishlash tamoyilini, jismlarning suzish shartlarini matematik hisob-kitoblar orqali ta'riflab berdi.



Arximed

O'rta asrlarga kelib, boshqa fanlar qatori fizika, xususan, mexanikaning rivojlanishida yangi bosqich boshlandi. Bu davrdagi mexanikaning rivojlanishida O'rta Osiyodan yetishib chiqqan buyuk allomalarning ham hissasi katta bo'lgan. Xorazmning qadimiy poytaxti Kat shahrida (hozirgi Beruniy tumanida)

tavallud topgan **Abu Rayhon Beruniy** (973–1048) Yerning tortish kuchi, jismlarning erkin tushishi, og‘irlik, oddiy mexanizmlar, energiya va uning bir turdan boshqa turga aylanishi haqida yozib qoldirgan. Jumladan, Yerning jismlarni o‘ziga tortishi haqida shunday degan: «Yer shar shaklida bo‘lgani uchun jismlarning og‘irligi hamma tomondan Yerning markazi tomon tortilib turadi». Beruniy okean suvi sirtining sfera shaklida bo‘lishiga ham jismlarning Yerga tortilishi sabab ekanligini yozib qoldirgan. Yerning ichki harakati, ya’ni uning tarkibidagi moddalarning o‘z tabiiy o‘rinlariga intilishiga ham jismlarning Yer markaziga tortilishi sabab bo‘lishi, buning oqibatida Yer yuzasida turli harakatlarning sodir bo‘lishini tushuntirib bergan.

Beruniy Yerning radiusi, aylana uzunligi, sathi va hajmini o‘ziga xos usulda aniqlash bilan birga, globusni ixtiro qilgan. U Amerika qit’asini nazariy jihatdan kashf qilgan, Yerning o‘z o‘qi atrofida va Quyosh atrofida aylanishi haqida ham yozib qoldirgan.

Beruniyning zamondoshi, Buxoroning Afshona qishlog‘ida dunyoga kelgan **Abu Ali ibn Sino** (980–1037) mexanik harakat, jismlarning harakati bir-biriga nisbiyligi, jismlarning o‘zaro ta’siri, aylanma harakat, markazga intilma kuch, chiziqli tezlik, atmosfera bosimi haqida qimmatli ma’lumotlar yozib qoldirgan.

Abu Ali ibn Sino kuch ta’sirida jismlarning harakat qilishi, bunda ularning massasi qancha katta bo‘lsa, ularning harakati uchun shuncha katta kuch zarur bo‘lishi, bir xil kuch ta’sirida turli kattalikdagi jismlarning olgan tezligi har xil bo‘lishini aytib bergan. Jumladan, u shunday degan: «Ikkita shar olgin. Ularning kattaliklari har xil, sabab bir xil bo‘lganda oqibatlari har xil bo‘ladi. Katta shar ikkinchisidan necha barobar katta bo‘lsa, oqibati shuncha marta kichik bo‘ladi». Bunda ibn Sino «sabab» deb hozirgi zamondagi «kuch» tushunchasini, oqibat deb esa «tezlik» tushunchasini ko‘zda tutgan.



Abu Rayhon Beruniy



Abu Ali ibn Sino

Ibn Sino jismlarning Yerga tortilishini tushuntirishda shunday misol keltiradi: «Agar kimdir ishkomi ostidagi ustunni tortib olsa, u ishkomi qulatadi, deydi. Aslida esa u ishkomi qulatmadi, balki ishkomi o'zi uchun xos bo'lgan og'irlik ta'sirida qulaydi. Ustun esa qulashga imkon bermay turgan edi. Ustun uning ostidan tortib olinishi bilan og'irlik o'z ishini qiladi».

Oradan yetti asr o'tgandan keyin Nyuton tomonidan Butun olam tortishish qonunining kashf etilishi Ibn Sinoning bu boradagi fikrlarini isbotladi. Zero, Nyuton ham olmaning uzilib tushishiga uning Yerga tortilishi sabab ekanligini aytgan.

XVII asrga kelib, italiyalik olim Galileo Galilei (1564–1642) harakatlantirayotgan jism bir zumda to'xtay olmaslik sabablari – jismlar inersiyasini, jismlarni Yer shari o'ziga tortib turishi, buning natijasida ularning erkin tushishi, mayatnikning tebranish qonuniyatlarini kashf qildi.

Ingliz olimi Isaak Nyuton (1643–1727) Galilei ta'limotiga, bu davrgacha yashab ijod etgan olimlarning mexanika sohasidagi ishlariga, shuningdek, o'zining olib borgan kuzatish va tekshirishlariga asoslanib, mexanik harakat va jismlarning o'zaro ta'siri haqidagi qonunlarni yaratdi. Bu qonunlar puxta bo'lib, hozirda ular keng qo'llaniladi.



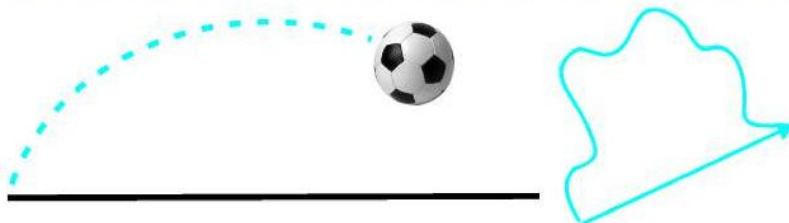
1. «Mexanika» so'zi qayerdan kelib chiqqan va u qanday ma'noni anglatadi?
2. «Mexanika» fani qay tariqa shakllangan? Unda Aristotel va Arximedning xizmatlari nimalardan iborat bo'lgan?
3. «Mexanika»ning rivojlanishiga O'rta Osiyo mutafakkirlarining qo'shgan hissalarini so'zlab bering.
4. Galilei va Nyutonning kashfiyotlari haqida nimalarni aytib bera olasiz?
5. «Mexanika»ning taraqqiyotiga hissa qo'shgan yana qanday olimlarni bilasiz?

KINEMATIKA ASOSLARI

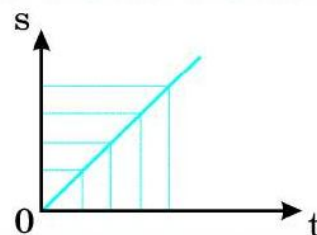
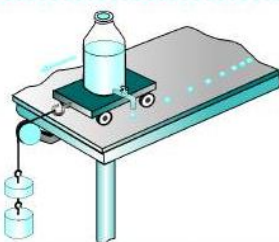
Fizikaning «Mexanika» bo'limini o'rganishni kinematika asoslaridan boshlaymiz. «Kinematika» jismlarning massalari va ta'sir etadigan kuchlarni hisobga olmasdan ularning harakatini o'rganadigan «Mexanika»ning bo'limidir. «Kinematika» so'zi yunoncha «*kinematos*» so'zidan olingan bo'lib, «*harakat*» degan ma'noni bildiradi.

Siz kinematikani o'rganishda zarur bo'lgan tushunchalar (moddiy nuqta, sanoq sistemasi, trayektoriya) va kattaliklar (yo'l, ko'chish, tezlik, tezlanish) haqida umumiy ma'lumotlar olasiz. Jismlar harakati qanday o'rganilishi, kinematikaga oid oddiy masalalar qanday yechilishini bilib olasiz. Ushbu bo'limda keltirilgan ma'lumotlardan «Mexanika»ning keyingi bo'limlarini o'rganishda ham foydalaniladi.

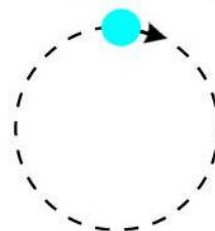
I bob. HARAKAT HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR



II bob. TO'G'RI CHIZIQLI HARAKAT



III bob. AYLANMA TEKIS HARAKAT





I bob. HARAKAT HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1-§. JISMLARNING HARAKATI

Mexanik harakat

Tevarak-atrofimizda velosiped, avtomobil va odamlar yuradi, osmonda qush, vertolyot, samolyot va raketalar uchadi, suvda baliq, akula va delfinlar suzadi (2-rasm), Yer Quyosh atrofida, Oy esa Yer atrofida aylanadi. Bularning barchasi jismlarning harakatiga misollardir.

Jismning harakati ma'lum qonun-qoidalarga bo'ysunadi. Masalan, olimlar o'rganish natijalariga asoslanib, osmon jismlarining qaysi vaqtda fazoning qaysi joyida bo'lishini aniqlay oladilar. Jumladan, olimlar Oy va Quyoshning qachon tutilishini oldindan aytib beradilar.

Har qanday jismning kuzatilayotgan harakati boshqa jismga nisbatan bo'ladi. Masalan, avtomobil ko'cha bo'yidagi daraxt va binolarga nisbatan, daryo suvi qirg'oqlarga nisbatan, samolyot Yerdagi binolarga, osmondagi bulutlarga, nisbatan harakat qiladi.



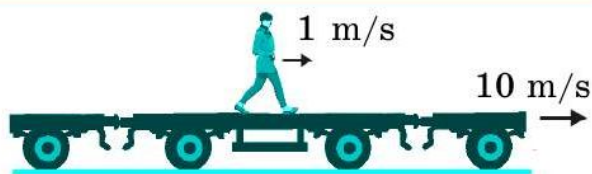
2-rasm. Jismlarning mexanik harakati.



Jismning fazodagi vaziyati vaqt o'tishi bilan boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishi *mexanik harakat* deb ataladi.

Harakatning nisbiyligi

Odatda, jismning vaziyati yerga nisbatan o'zgarmasa, u tinch turibdi deymiz. Stol ustidagi kitob, xonadagi stol-stullar, binolar, yo'l chetida turgan mashina go'yoki bir joyda tinch turibdi. Aslida ular Yer bilan birgalikda Quyosh atrofida aylanadi, ya'ni harakatda bo'ladi.



3-rasm. Platforma ustidagi odamning harakati nisbiydir.

Yerga nisbatan 10 m/s tezlik bilan ketayotgan platforma ustidagi odam shu yo'nalishda 1 m/s tezlik bilan yurayotgan bo'lsin (3-rasm). Bunda odam yerga nisbatan $10 \text{ m/s} + 1 \text{ m/s} = 11 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanadi. Demak, jism harakatini o'rganganda u nimaga nisbatan harakat qilayotgani hisobga olinishi kerak.



Barcha jismlarning harakati nisbiydir, ularning tinch turishi ham nisbiydir.

Sanoq jism

Harakatning nisbiyligini hisobga olish uchun «sanoq jism» tushunchasi kiritilgan. Masalan, odam va avtomobillarning harakati yoki tinchligi Yerga nisbatan olinadi. Bu holda Yer — sanoq jism. Atrofimizdagi boshqa barcha jismlarning tinch yoki harakati ana shu sanoq jismga nisbatan qaraladi. Agar Yerning Quyosh atrofidagi harakati qaralayotgan bo'lsa, Quyosh sanoq jism bo'ladi.



Jismning harakati yoki tinchligi qaysi jismga nisbatan kuzatilayotgan bo'lsa, o'sha jism sanoq jism deb ataladi.

3-rasmdagi odamning harakatida platforma sanoq jism deb olinsa, odamning tezligi 1 m/s bo'ladi. Sanoq jism qilib Yer olinganda esa uning tezligi 11 m/s bo'ladi.

Yo'lda ketayotgan avtomobil, poyezd va boshqalarning harakatida sanoq jism sifatida Yer shari o'rniga uning sirtida qo'zg'almas holatda joylashgan bino, daraxt kabilarni olish mumkin. Masalan, avtomobilning harakati yo'l yoqasidagi daraxtga nisbatan kuzatilayotgan bo'lsa, ayni paytda shu daraxtni sanoq jism deb olish mumkin.

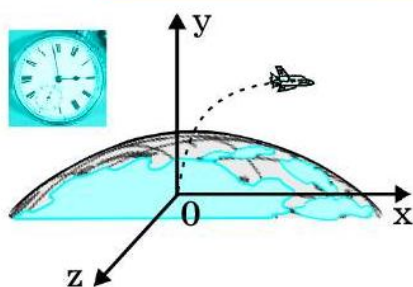
Sanoq sistemasi

Jismlarning harakatini batafsil o'rganish uchun sanoq jismdan tashqari, yana koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchaydigan asbobdan ham foydalaniladi. Koordinatalar sistemasi nima ekanligini 6-sinfda matematika darslarida bilib olgansiz.

Biror jismning harakati o'rganilayotganda koordinatalar sistemasi sanoq jismga qo'zg'almas qilib biriktiriladi. Kuzatish vaqtining boshlanishida harakatlanayotgan jismning vaziyati koordinatalar boshida deb qabul qilinadi. Bunda vaqt o'tishi bilan jismning koordinatalar boshidan uzoqlashish masofasi o'lchanadi.



Sanoq jism, unga biriktirilgan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchaydigan asbob birgalikda *sanoq sistemasini* tashkil etadi.



4-rasm. Yer shari, koordinatalar sistemasi va soatdan iborat sanoq sistemasi.

Agar raketaning Yerdan ko'tarilishi qaralayotgan bo'lsa, sanoq sistemasini Yer shari, koordinatalar sistemasi va soat tashkil etadi (4-rasm). Bunda Yer shari – sanoq jism, raketa ko'tarilgan joy – koordinata boshi, soat – vaqtni o'lchaydigan asbob.

Masalan, «Lasetti» avtomobili uydan chiqib, 10 minutda 8 km uzoqlashdi. Bunda «Lasetti» uyda ham, yo'lda ketayotganda ham uning tinch holati (uyda turganda) yoki harakati (yo'lda ketayotganda) Yerga nisbatandir. «Lasetti» uchun Yer qo'zg'almas bo'lib, sanoq jism hisoblanadi. Haydovchi soati va spidometr yordamida 10 minutda yoki ixtiyoriy vaqt davomida qancha masofa bosib o'tganini aniqlash mumkin. Bunda uy – koordinata boshi, bosib o'tgan 8 km esa koordinata boshiga nisbatan bosib o'tgan yo'l. Demak, kuzatilayotgan «Lasetti»ning harakatida Yer – sanoq jism, uy – koordinata boshi, haydovchidagi soat – vaqtni o'lchaydigan asbobdir. Ular birgalikda sanoq sistemasini tashkil etadi.



Tayanch tushunchalar: mexanik harakat, harakatning nisbiyligi, sanoq jism, koordinatalar sistemasi, sanoq sistemasi.



1. Mexanik harakat deb qanday harakatga aytiladi? Unga misollar keltiring.
2. Nima sababdan jismlarning harakati va tinchligi nisbiy deyiladi?
3. Sanoq jism nima? Unga misollar keltiring.
4. Siz harakatlanayotgan avtobus ichida yurmoqdasiz. Bunday hol uchun sanoq jismlarni ayting.
5. Sanoq sistemasi deb nimaga aytiladi? Uni misollar orqali tushuntirib bering.

2-§. FAZO VA VAQT

Fazoning chegarasizligi

Bizni o'rab turgan atmosfera, uning ortidagi bepoyon bo'shliq fazoni tashkil etadi. Fazoning chegarasi bormi?

Qadimgi Rim olimi **Lukretsiy Kar** (miloddan avvalgi I asrda yashagan) «Narsalarning tabiati haqida» kitobida olam ikki narsadan – fazo va jismlardan tashkil topganligi, ular o'zaro mustaqil emasligi, fazo chegarasiz ekanligi haqida yozgan.

Keyinroq italiyalik olim **Jordano Bruno** (1518–1600) olamning chegarasi yo'qligini, Yer sharidan boshqa juda ko'p shunday olamlar borligini aytgan. Bunday fikrlari uchun Bruno cherkov buyrug'iga binoan gulxanda yoqilgan.

Galiley va **Nyuton** fazoni quyidagicha tasavvur etgan: fazo – cheksiz, uning barcha yo'nalishlari teng kuchli, barcha nuqtalari bir xil, qisman materiya bilan to'lgan, qisman bo'sh.

Olamning qanchalik kengligini tasavvur qilib ko'raylik. Biz osmondagi yulduzlardan 3 mingtasini ko'ra olamiz. Yorug'lik nuri 1 sekundda 300 000 km masofani bosib o'tadi. Shunday tezlikda eng yaqin yulduzning nuri bizga 4 yilda yetib keladi. Shu yulduzgacha bo'lgan masofa s ni hisoblab ko'raylik:

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$t = 4 \text{ yil} \approx 126\,230\,400 \text{ s};$ $v = 300\,000 \text{ km/s} =$ $= 300\,000\,000 \text{ m/s}.$	$s = vt.$	$s = 300\,000\,000 \cdot$ $\cdot 126\,230\,400 \text{ m} =$ $= 37\,869\,120\,000\,000\,000 \text{ m} =$ $= 37\,869\,120\,000\,000 \text{ km}.$
Topish kerak: $s = ?$		Javob: $s = 37\,869\,120\,000\,000 \text{ km}.$

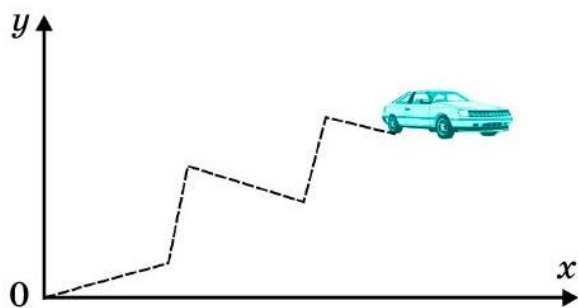
Bu qay darajada katta masofa ekanligini tasavvur qilish qiyin. Bizga ko‘rinadigan olis yulduzlarning nuri bizga 4 yilda emas, balki 100, hatto, 1000 yildan ortiq vaqtda yetib keladi. Ularning bizdan qay darajada olisda ekanligini tasavvur qila olasizmi?

Bizga ko‘rinadigan yulduzlar ortida son-sanoqsiz yulduzlar bor. Fazoda bir-biriga nisbatan yaqinroq bo‘lgan yulduzlar sistemasi **galaktikani** tashkil etadi. Olimlarning fikriga ko‘ra, Quyosh sistemasi o‘rin olgan bizning galaktikamizda 150 milliarddan ortiq yulduz bor. Bepoyon fazoda milliardlab galaktikalar mavjud.

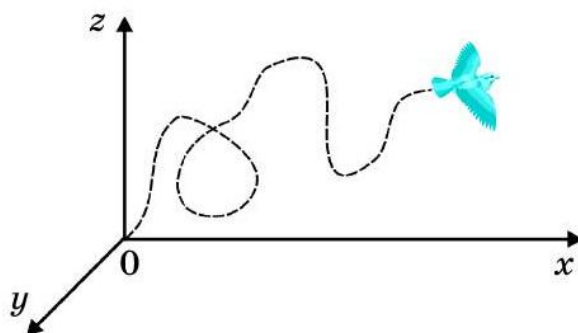
Fazoning qanchalik kengligini tasavvur qilib ko‘rdingiz. Demak, fazoning chegarasi yo‘q.



5-rasm. Poyezdning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab harakati bir o‘lchamli.



6-rasm. Avtomobilning tekislikdagi harakati ikki o‘lchamlidir.



7-rasm. Qushning fazodagi harakati uch o‘lchamlidir.

Fazoning uch o‘lchamligi

To‘g‘ri yo‘lda avtomobil to‘g‘ri chiziqli harakat qiladi. Bunday harakat bir o‘lchamli harakat bo‘ladi. Temiryo‘lning to‘g‘ri chiziqli qismida poyezdning harakatini ham shartli ravishda bir o‘lchamli deyish mumkin. Odatda bir o‘lchamli harakat to‘g‘ri chiziqli koordinata chizig‘ida tasvirlanadi (5-rasm).

To‘g‘ri yo‘lda ketayotgan avtomobil chorraxada chapga yoki o‘ngga burilishi, ya‘ni to‘g‘ri chiziqli harakatidan chetlashishi mumkin. Yer sirtini tekislik deb olsak, shu tekislikda odam, velosiped, avtomobillarning harakati ikki o‘lchamli bo‘ladi. Ikki o‘lchamli harakat qilayotgan jismning harakatini, masalan, avtomobilning harakatini koordinatalar tekisligida tasvirlash mumkin (6-rasm).

Qush yerda, ya‘ni tekislikda ham yuradi, osmonda, ya‘ni fazoda ham uchadi. Uning yerdagi harakati ikki o‘lchamli, osmondagi parvozi esa uch o‘lchamlidir.

Qushning fazodagi uch o'lchamli harakatini koordinatalar sistemasida tasvirlash mumkin (7-rasm).

Samolyot va raketalar ham uch o'lchamli fazoda harakat qiladi. Toshni osmonga uloqtirganda uning harakati ham uch o'lchamli bo'ladi. Baliq, delfin va akulalarning suv ostidagi harakati ham uch o'lchamlidir.

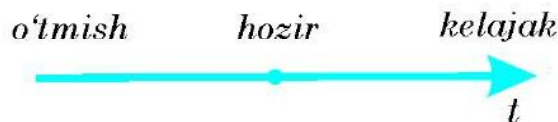
Demak, fazo quyidagi xossalarga ega:



Fazoning chegarasi yo'q, u uch o'lchamli, barcha nuqtalarda va barcha yo'nalishlarda teng kuchli.

Vaqtning bir o'lchamligi

Har qanday harakatlanayotgan jism o'z vaziyatini vaqt o'tishi bilan o'zgartirib boradi. Vaqt bir o'lchamli bo'lib, u bir tekis faqat o'tmishdan kelajakka o'tadi (8-rasm). Uni orqaga qaytarish mumkin emas. Masalan, Siz 13 yil oldin tug'ilgansiz. Shu davrdagi hayotingizda ko'pdan ko'p hodisalarni ko'rgansiz. Yillarni orqaga qaytarib, o'sha paytdagi hodisalarni o'zgartira olmaysiz. Shu singari, o'tgan kunga qayta olmaysiz. Faqat oldingizda turgan kelajakni o'zgartira olasiz. Demak, vaqt quyidagi xossalarga ega:



8-rasm. Vaqt bir o'lchamli, u o'tmishdan kelajakka o'tadi.



Vaqt – uzluksiz, bir o'lchamli, hamma onlari bir xil, faqat oldinga o'tadi.



Tayanch tushunchalar: fazo, galaktika, bir, ikki va uch o'lchamli harakat, fazoning uch o'lchamliligi, vaqtning bir o'lchamliligi.



1. Qadimgi va o'rta asrlarda yashab ijod qilgan olimlar olamning chegarasi haqida qanday fikrlarni aytganlar?
2. Fazoning kengligini, chegarasizligini misollar orqali asoslab bering.
3. Bir o'lchamli va ikki o'lchamli harakatlarga misollar keltiring.
4. Fazoni nima uchun uch o'lchamli deyiladi?
5. Vaqt nima uchun uzluksiz, bir o'lchamli, faqat oldinga o'tadi deyiladi?

3-§. KINEMATIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI

Moddiy nuqta

Jismlarning harakatini o'rganishda bir qator soddalashtirishlardan foydalaniladi. Ulardan biri harakatlanayotgan jismning o'lchamlarini hisobga olmasdan, uni moddiy nuqta deb olishdan iborat.



Kuzatilayotgan harakatda o'lchami va shakli hisobga olinmasa ham bo'ladigan jism moddiy nuqta deb ataladi.



9-rasm. Moddiy nuqta deb qaralayotgan jismlarning harakati va trayektoriyasi.



10-rasm. Jismlarni har doim ham moddiy nuqta deb bo'lmaydi.

Uzunligi 4 m bo'lgan avtomobilning 10 km masofani bosib o'tishdagi harakatini o'rganishda uni moddiy nuqta deb qarash mumkin. Chunki avtomobil bosib o'tadigan masofa uning uzunligidan 2500 marta katta. Shu singari, to'pning maydondagi harakati va samolyotning uzoq masofaga parvozi qaralayotganda ularni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin (9-rasm).

Aynan bir jism bir holda moddiy nuqta deb qaraladi, boshqa holda esa uni moddiy nuqta deb qarab bo'lmaydi. Masalan, o'quvchi maktabga borayotganida uyidan 1 km masofani bosib o'tsa, bu harakatda uni moddiy nuqta deb qarash mumkin. Lekin shu o'quvchi ertalabki gimnastika mashqlarini bajarayotganda uni moddiy nuqta deb bo'lmaydi (10-rasm).

Poyezd bir shahardan boshqa shaharga borayotganda bu shaharlar orasidagi masofaga nisbatan uni moddiy nuqta deb qarash mumkin. Lekin yo'ldagi bekatga nisbatan uni moddiy nuqta deb bo'lmaydi.

Yer shari ulkandir. Lekin Yer sayyorasini Quyosh atrofida aylanishi o'rganilayotganda uni ham moddiy nuqta deb qarash mumkin.

Trayektoriya

Doskaga bo'r bilan chizganda, qorli yo'l ustida avtomobil yurganda, tunda osmonda meteor uchganda ular iz qoldiradi. Bo'r, avtomobil va meteorning qoldirgan izi ularning harakat trayektoriyasidir.

Jismlar o'z harakatida har doim ham iz qoldiravermaydi. Masalan, osmonda uchayotgan meteor iz qoldirsa, tramlindan sakrayotgan sportchi iz qoldirmaydi. Sportchi, to'p, odam, mashina, qush va samolyotlarning o'z harakati davomida izi ko'rinmasa-da, ularning izini uzluksiz chiziq deb tasavvur qilish mumkin.



Moddiy nuqtaning o'z harakati davomida fazoda chizgan uzluksiz chizig'i (qoldirgan izi) trayektoriya deb ataladi.

Yo'l va ko'chish

Trayektoriya – bu fizik tushuncha. Jism trayektoriyasini kattalik jihatdan baholash uchun fizik kattalik — yo'l qabul qilingan.



Jismning harakat trayektoriyasi bo'ylab bosib o'tgan masofasi yo'l deb ataladi va s harfi bilan belgilanadi.

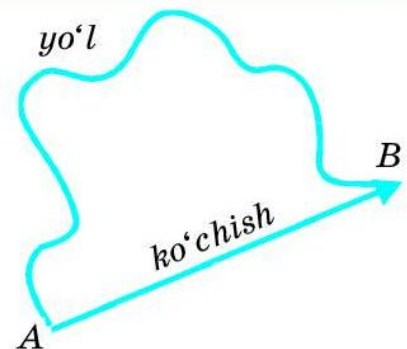
Ba'zi hollarda jismning bosib o'tgan yo'li emas, balki uning harakatidagi boshlang'ich va oxirgi vaziyatini tutashtiruvchi kesma qiziqtiradi.



Jism harakatidagi boshlang'ich va oxirgi vaziyatini tutashtiruvchi yo'nalishli kesma ko'chish deb ataladi.

Jism A nuqtadan B nuqtaga harakatida egri chiziqli trayektoriya bo'ylab 100 m yo'lni bosib o'tishi mumkin. Lekin A nuqtadan B nuqtagacha eng qisqa masofa kesma bo'lib, uning uzunligi 100 m dan kam bo'ladi, masalan, 60 m bo'lishi mumkin. Bunda ko'chish 60 m ga teng bo'ladi (11-rasm).

Xaritadan masshtab yordamida Toshkentdan Andijongacha ko'chish 245 km ekanligini

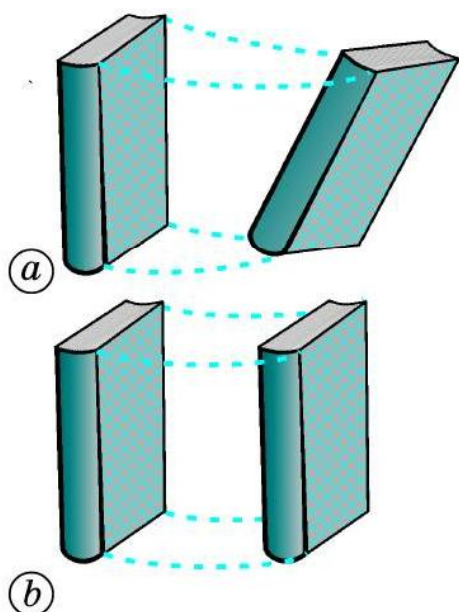


11-rasm. Yo'l va ko'chish.

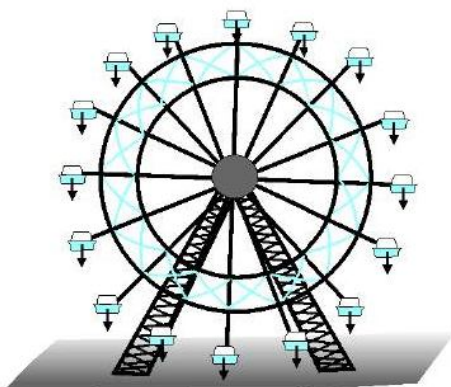
aniqlash mumkin. Lekin avtomobilda Toshkentdan Andijonga borish uchun 380 km yo'l bosib o'tiladi.

Jism to'g'ri chiziqli harakat qilganda yo'l va ko'chish bir-biriga teng bo'ladi.

Ilgarilanma harakat



12-rasm. Kitobning ilgari-
lanma bo'lmagan (a) va
ilgarilanma (b) harakati.



13-rasm. Charxpalak
kabinalari ilgarilanma
harakat qiladi.

Stol ustidagi kitobni bir joydan boshqa joyga turlicha ko'chirish mumkin (12-rasm). Birinchi holda uning qirralari turlicha harakat qiladi.

Kitobning ikkinchi holdagi harakatida uning qirralari trayektoriyasi bir xil bo'ladi, ya'ni kitobning to'rttala qirralari trayektoriya-sini ustma-ust qo'yish mumkin. Kitobning ikkinchi holdagi harakati ilgarilanma hara-katga misol bo'la oladi. Bunda kitobning qirralarigina emas, boshqa ixtiyoriy nuqtalari ham bir xil harakat qiladi.

Tekis yo'lda harakatlanayotgan velosiped-ning ramasi, avtomobilning kuzovi ham ilgarilanma harakat qiladi.



**Ilgarilanma harakatda jismning ixti-
yoriy ikki nuqtasidan xayolan o'tka-
zilgan to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallel
ravishda ko'chadi.**

Yerdan ko'tarib stol ustiga qo'yilgan jomadon, metropoliten eskalatori pog'onalari ilgarilanma harakat qiladi.

Istirohat bog'idagi charxpalak kabinasi aylanma harakat qiladi (13-rasm). Lekin, shu bilan bir vaqtda, charxpalak kabinasi ilgari-
lanma harakat qiladi. Chunki, kabinaning ixtiyoriy ikki nuqtasidan o'tkazilgan to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallel ravishda ko'chadi.

Ilgarilanma harakat qilayotgan jismning harakati o'rganilayotganda uning faqat bitta nuqtasining harakatini o'rganish kifoyadir. Shu sababli, ilgarilanma harakat qilayotgan jismni moddiy nuqta deb qarash mumkin.



Tayanch tushunchalar: moddiy nuqta, trayektoriya, yo'l, ko'chish, ilgarilanma harakat.



1. Moddiy nuqta deb nimaga aytiladi?
2. Avtomobil, to'p, samolyotni qaysi hollarda moddiy nuqta deb qarash mumkin?
3. Trayektoriya deganda nimani tushunasiz?
4. Yo'l deb nimaga aytiladi va u qanday harf bilan belgilanadi?
5. Ko'chish nima? Yo'l va ko'chish bir-biridan qanday farq qiladi?
6. Qanday harakat ilgarilanma harakat bo'ladi?
7. 13-rasmdagi charxpalak kabinalarining ilgarilanma harakat qilishini asoslab bering.

4-§. VEKTOR KATTALIKLAR VA ULAR USTIDA AMALLAR

Skalyar kattaliklar

Fizik kattaliklarni ikki guruhga — skalyar va vektor kattaliklarga bo'lish mumkin.



Faqat son qiymati bilan aniqlanadigan kattaliklar *skalyar kattaliklar* deb ataladi.

Hajm, vaqt, yo'l, massa, energiya kabi fizik kattaliklar skalyar kattaliklardir. Ular ustida amallar sonlar ustida amallar kabi bajariladi. Masalan, birinchi jismning massasi $m_1 = 8$ kg, ikkinchi jismning massasi $m_2 = 4$ kg bo'lsa, ularning birgalikdagi massasi:

$$m_1 + m_2 = 8 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 12 \text{ kg}.$$

Shu ikki jism massalari orasidagi farq:

$$m_1 - m_2 = 8 \text{ kg} - 4 \text{ kg} = 4 \text{ kg}.$$

Shu tariqa birinchi jismning massasi ikkinchisidan necha marta ortiq ekanligini ham aniqlash mumkin.

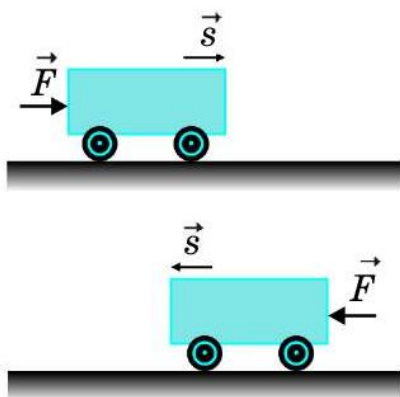
Bundan tashqari, jism massasini biror songa ko'paytirish yoki bo'lish mumkin. Masalan, $m = 12 \text{ kg}$ bo'lsa, uni 3 ga ko'paytirish va bo'lish quyidagicha bajariladi:

$$m \cdot 3 = 12 \text{ kg} \cdot 3 = 36 \text{ kg}; \quad m : 3 = 12 \text{ kg} : 3 = 4 \text{ kg}.$$

Vektor kattaliklar

Ba'zi fizik kattaliklar bilan ish ko'rilganda ularning son qiymatini bilish kifoya qilmaydi. Bunday fizik kattaliklarning yo'nalishi ham muhim ahamiyatga ega. Masalan, jism $s = 5 \text{ m}$ masofaga ko'chdi, deyish yetarli emas. Bunda ko'chishning yo'nalishi ham ma'lum bo'lishi kerak.

Shunda jism qaysi tomonga va qayerga ko'chganligi haqida to'liq tasavvur qilish mumkin.



14-rasm. Harakat yo'nalishi kuchning yo'nalishiga bog'liq.

Stol ustida turgan aravachaga $F = 1 \text{ N}$ kuch ta'sir etmoqda, deyish yetarli emas. Bu kuch jismga chapdan o'ngga yo'nalishda ta'sir etganda aravacha o'ngga, o'ngdan chapga yo'nalishda ta'sir etganda esa, u chapga tomon harakatlanadi (14-rasm).

Kuch, tezlik, ko'chish kabi fizik kattaliklar – vektor kattaliklardir. Bu kattaliklarni o'rganishda son qiymatidan tashqari, ularning yo'nalishini ham bilish muhimdir.



Son qiymatlari va yo'nalishlari bilan aniqlanadigan kattaliklar vektor kattaliklar deb ataladi.

Odatda, vektor kattaliklar ustiga yo'nalishli chiziqcha (strelka) qo'yiladi. Masalan, kuch — \vec{F} , tezlik — \vec{v} , ko'chish — \vec{s} ko'rinishda ifodalanadi. Kesmaning uzunligi vektor kattalikning son qiymatini ifodalaydi. Ularning son qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$|\vec{F}| = 2 \text{ N}, |\vec{v}| = 10 \text{ m/s}, |\vec{s}| = 5 \text{ m}$$

yoki $F = 2 \text{ N}, v = 10 \text{ m/s}, s = 5 \text{ m}.$

Vektor kattaliklarni qo'shish va ayirish

Vektor kattaliklar ustida amallarni oddiy sonlar ustida amallar kabi bajarib bo'lmaydi. Masalan, A nuqtada turgan jism to'g'ri chiziq bo'ylab 4 m yo'lni bosib, B nuqtaga ko'chgan bo'lsin (15-rasm). Jismning bosib o'tgan yo'lini s_1 bilan belgilasak, $AB = s_1 = 4$ m bo'ladi. Bunda jismning bosib o'tgan s_1 yo'li ko'chishga, ya'ni \vec{s}_1 vektor kattalikning son qiymatiga teng bo'ladi: $s_1 = |\vec{s}_1|$.

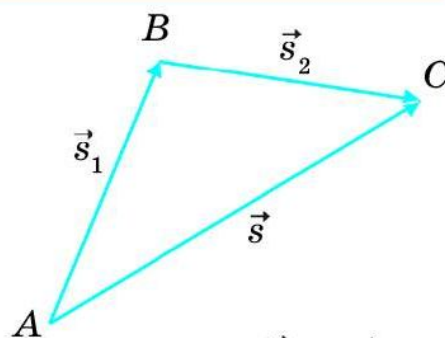
So'ngra jism B nuqtadan 3 m yo'lni bosib, C nuqtaga ko'chsin. Bunda $BC = s_2 = 3$ m bo'ladi. Bu holda ham jismning bosib o'tgan s_2 yo'li ko'chishga, ya'ni \vec{s}_2 vektor kattalikning son qiymatiga teng bo'ladi: $s_2 = |\vec{s}_2|$.

Jism A nuqtadan C nuqtaga to'g'ridan to'g'ri ko'chishi ham mumkin. Harakat to'g'ri chiziqli bo'lgani uchun bunda ham yo'l ko'chishga teng bo'ladi: $s = |\vec{s}|$.

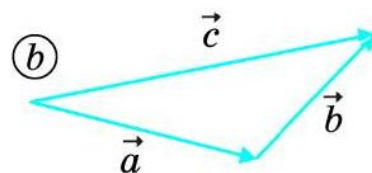
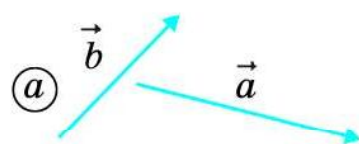
Birinchi holda jism A nuqtadan B nuqtaga, so'ngra B nuqtadan C nuqtaga ko'chishi $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$ ko'rinishda bo'ladi. Bu ko'chish ikkinchi holdagi \vec{s} ko'chishga teng:

$$\vec{s}_1 + \vec{s}_2 = \vec{s}. \quad (1)$$

(1) ifodadan va 15- rasmdagi tasvirlangan ko'chishlardan foydalanib ikki vektor kattalikni qo'shish qoidasini quyidagicha ta'riflash mumkin:



15-rasm. \vec{s}_1 va \vec{s}_2 vektorlarni qo'shish.



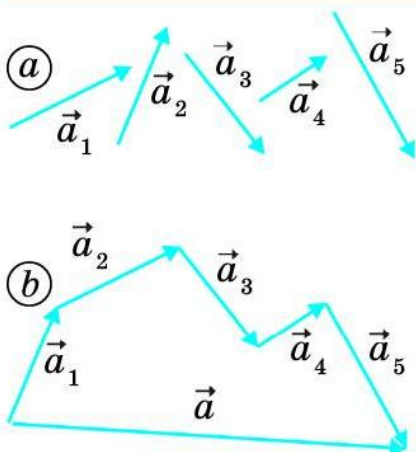
16-rasm. \vec{a} va \vec{b} vektor (a) va ularning qo'shilishi (b).



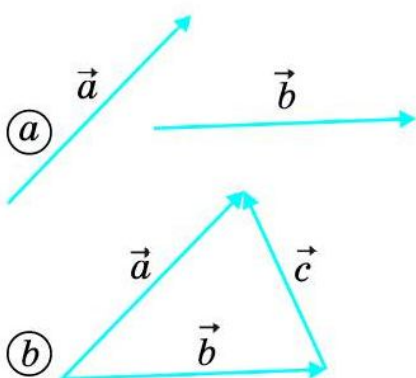
Ikki vektorni qo'shish uchun birinchi vektorning oxiriga ikkinchi vektorning boshi qo'yiladi va birinchi vektorning boshidan ikkinchi vektorning oxiriga yo'nalgan vektor o'tkaziladi. Shu vektor ikki vektorning yig'indisi bo'ladi.

Ixtiyoriy yo'nalishdagi \vec{a} va \vec{b} vektorlar berilgan bo'lsin. Ularning yig'indisi $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$ vektorni topish 16-rasmda tasvirlangan.

Yo'nalishli to'g'ri chiziq fizik kattalikning yo'nalishigina emas, balki son jihatdan kattaligini ham ifodalaydi. Yo'nalishli chiziqning uzunligi



17-rasm. $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4, \vec{a}_5$ vektorlar (a) va ularning qo'shilishi (b).



18-rasm. Ikki vektorning ayirmasi.

qancha katta bo'lsa, berilgan fizik kattalik shuncha katta qiymatga ega bo'ladi.

Ikki vektorni emas, balki undan ortiq vektorlarni ham shu usulda qo'shish mumkin. Masalan, turli ixtiyoriy yo'nalishdagi $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4, \vec{a}_5$ vektorlar berilgan bo'lsin (17-rasm). Bunda har gal qo'shiladigan keyingi vektorning boshi oldingi vektorning oxiriga qo'yib chiqiladi. Yig'indi vektor birinchi vektor \vec{a}_1 boshidan oxirgi qo'shilgan vektor \vec{a}_5 ning uchiga o'tkazilgan vektor \vec{a} dan iborat bo'ladi. Bu vektorlarning yig'indisi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4 + \vec{a}_5 = \vec{a}. \quad (2)$$

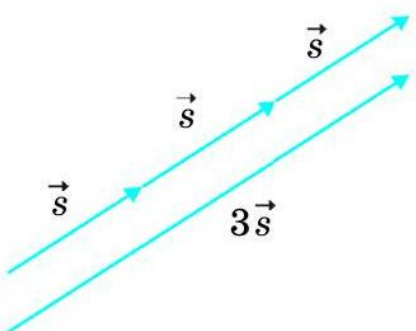
Vektor kattaliklarni bir-biridan ayirish ham mumkin. 18- rasmda \vec{a} vektordan \vec{b} vektorni qanday ayirilishi ko'rsatilgan. Bunda:

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}. \quad (3)$$



Bir vektordan ikkinchi vektorni ayirish uchun ikkala vektorning boshlari bir nuqtaga qo'yiladi va ikkinchi vektor uchidan birinchi vektor uchiga yo'nalgan vektor o'tkaziladi. Shu vektor ikki vektorning ayirmasi bo'ladi.


Vektor kattaliklarni songa ko'paytirish va bo'lish




19- rasm. \vec{s} vektorning 3 ga ko'paytmasi.

Jism biror yo'nalishda to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanib s yo'lni bosib o'tsa, uning ko'chishi \vec{s} vektorga teng bo'ladi: $s = \vec{s}$. Jism o'z yo'nalishini o'zgartirmagan holda shunday s yo'lni yana ikki marta bosib o'tsin. Bu holda uning bosib o'tgan yo'li $s + s + s = 3s$ ga, ko'chishi $\vec{s} + \vec{s} + \vec{s} = 3\vec{s}$ ga teng bo'ladi (19- rasm).

Demak, \vec{s} ni 3 marta ortirilsa, $3\vec{s}$ vektor hosil bo'ladi. Natijada vektor yo'nalishi o'zgarmaydi.

 **Vektor kattalik qanday songa ko'paytirilsa, uning qiymati shu son marta ortadi, yo'nalishi esa o'zgarmaydi.**

Bunda vektor kattalik ko'paytiriladigan son musbat bo'lishi kerak. Shu singari vektor kattalikni musbat songa bo'lish ham mumkin. Bunda berilgan vektor kattalik shu songa qoldirsiz bo'linadigan bo'lishi kerak.

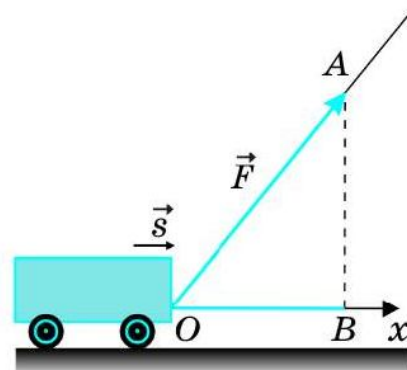
 **Vektor kattalik qanday songa bo'linsa, uning qiymati shu son marta kamayadi, yo'nalishi esa o'zgarmaydi.**

Vektor kattaliklarning proyeksiyasi

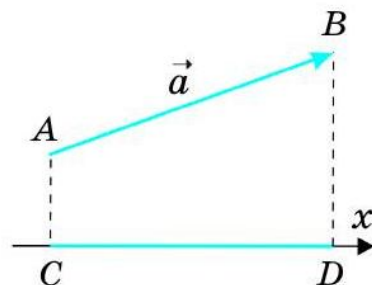
Aravacha harakat yo'nalishiga nisbatan biror burchak ostida \vec{F} kuch bilan tortilayotgan bo'lsin (20-rasm). Harakat yo'nalishida aravachaga ta'sir etayotgan kuchning qiymati qanday bo'ladi?

Aravachaning harakat yo'nalishi bo'ylab Ox o'q o'tkazamiz. Bunda O nuqta \vec{F} vektorning boshiga to'g'ri kelsin. \vec{F} vektor oxiri A nuqtadan Ox o'qning B nuqtasiga perpendikular tushiramiz. Hosil bo'lgan OB kesma \vec{F} vektorning Ox o'qdagi proyeksiyasini ifodalaydi. Harakat yo'nalishida aravachaga ta'sir etayotgan kuch shu OB proyeksiyaning uzunligiga teng bo'ladi. Masalan, burchak ostida ta'sir etayotgan kuchning qiymati $|\vec{F}| = 5\text{N}$ bo'lsin. Bu kuchning proyeksiyasi esa 3N ga teng bo'lishi mumkin. Aravachaga harakat yo'nalishida ta'sir etayotgan kuch ana shu 3N ga teng bo'ladi.

Ixtiyoriy yo'nalishdagi \vec{a} vektorning Ox o'qdagi proyeksiyasini aniqlaylik (21-rasm). Buning uchun vektorning boshi A va oxiri B dan Ox o'qqa AC va BD perpendikular tushiriladi. Hosil bo'lgan CD kesma \vec{a} vektorning Ox o'qdagi proyeksiyasi bo'ladi.



20-rasm. Aravachaga ta'sir etayotgan kuchning proyeksiyasi.



21-rasm. Ixtiyoriy yo'nalishdagi vektorning proyeksiyasi.



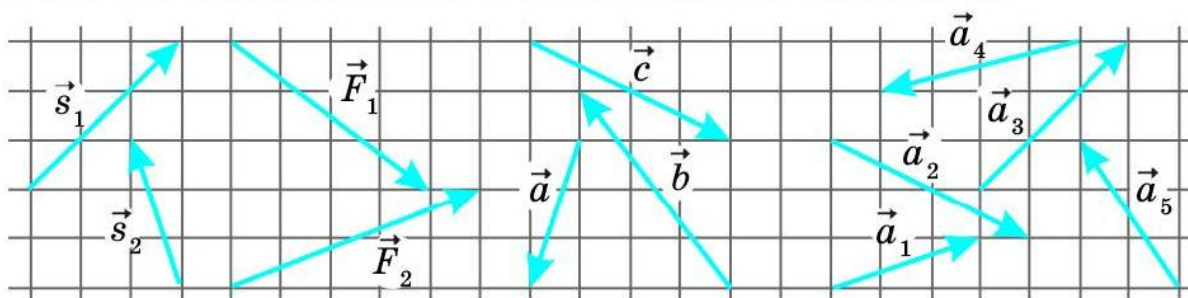
Tayanch tushunchalar: skalyar kattalik, vektor kattalik, vektorlarning yig'indisi, vektorlarning ayirmasi, vektorni songa ko'paytirish, vektorni songa bo'lish, vektorning proyeksiyasi.



1. Qanday fizik kattaliklar skalyar kattaliklar deb ataladi?
2. Vektor kattaliklarni misollar bilan tushuntirib bering.
3. Vektor kattaliklar qanday qo'shiladi? Misollar orqali tushuntirib bering.
4. Ikki vektor bir-biridan qanday ayiriladi?
5. Vektor kattaliklarni songa ko'paytirish va bo'lish qanday bajariladi?
6. Vektor kattalikning proyeksiyasi qanday aniqlanadi?

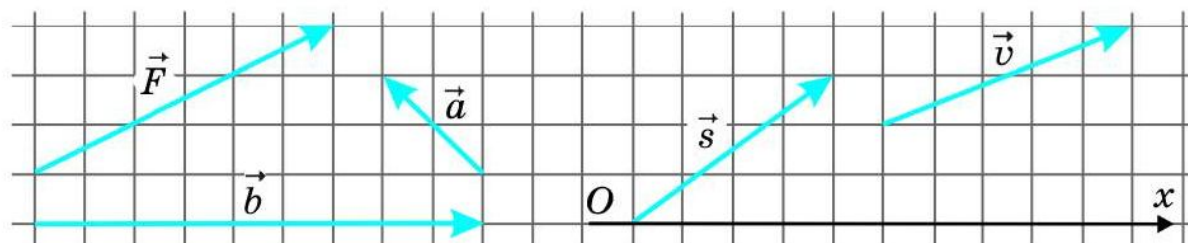


1. 22-rasmda ko'rsatilgan a) \vec{s}_1 va \vec{s}_2 vektorlarning; b) \vec{F}_1 va \vec{F}_2 vektorlarning; d) \vec{a} , \vec{b} va \vec{c} vektorlarning; e) \vec{a}_1 , \vec{a}_2 , \vec{a}_3 , \vec{a}_4 va \vec{a}_5 vektorlarning yig'indisini daftaringizda tasvirlang.



22-rasm. Yig'indisi va ayirmasi aniqlanadigan vektorlar.

2. 22-rasmda ko'rsatilgan a) \vec{s}_1 vektordan \vec{s}_2 vektorning ayirmasini; b) \vec{F}_1 vektordan \vec{F}_2 vektorning ayirmasini daftaringizda tasvirlang.
3. 23-rasmda ko'rsatilgan a) \vec{F} vektorni 2 ga ko'paytiring; b) \vec{a} vektorni 5 ga ko'paytiring; d) \vec{b} vektorni 3 ga bo'ling.



23-rasm. Songa ko'paytiriladigan va bo'linadigan, proyeksiyasi aniqlanadigan vektorlar.

4. 23-rasmda ko'rsatilgan \vec{s} va \vec{v} vektorlarning Ox o'qqa proyeksiyasini daftaringizda tasvirlang.

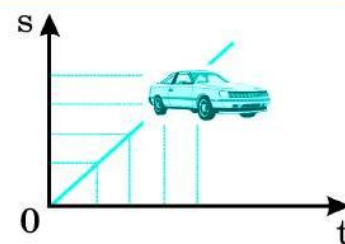
I BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Fizikaning «Mexanika» bo'limida jismlar va ularning o'zaro ta'siridagi harakatlari o'rganiladi.
- ◆ «Mexanika»ning «Kinematika» bo'limida jismlarning massasi va ularga ta'sir etadigan kuchlar hisobga olinmagan holda ularning harakati o'rganiladi.
- ◆ Mexanik harakat, bu — jismning boshqa jismlarga nisbatan fazodagi vaziyatining o'zgarishi.
- ◆ Jismlarning kuzatilayotgan harakati yoki tinch holati nisbiydir.
- ◆ Jismlarning harakati yoki tinch holati sanoq jismga nisbatan o'rganiladi.
- ◆ Sanoq jism, unga biriktirilgan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchaydigan asbob birgalikda sanoq sistemasini tashkil etadi.
- ◆ Fazoning chegarasi yo'q, u uch o'lchamli, barcha nuqtalarda va barcha yo'nalishlarda teng kuchli.
- ◆ Vaqt — uzluksiz, bir o'lchamli, hamma onlari bir xil, faqat oldinga o'tadi.
- ◆ Ko'p hollarda jismlarning harakatini o'rganishda ular moddiy nuqta deb olinadi. Bunday hollarda jismning o'lchami va shakli hisobga olinmaydi.
- ◆ Jismning harakati davomida fazoda chizgan uzluksiz chizig'i trayektoriya deb ataladi.
- ◆ Yo'l — jismning trayektoriya bo'ylab bosib o'tgan masofasi.
- ◆ Ko'chish — jism harakatidagi boshlang'ich va oxirgi vaziyatini tutashtiruvchi yo'nalishli kesma.
- ◆ Ilgarilanma harakatda jismning ixtiyoriy ikki nuqtasidan xayolan o'tkazilgan to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallel ravishda ko'chadi.
- ◆ Skalyar kattalik — faqat son qiymati bilan aniqlanadigan kattalik.
- ◆ Vektor kattalik — son qiymatidan tashqari yo'nalishi ham hisobga olinadigan kattalik.

I BOGA OID QO'SHIMCHA SAVOL VA MASHQLAR

1. Quyidagi qaysi hollarda Yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin?
 - a) ekvator uzunligini hisoblashda;
 - b) Yerning Quyosh atrofidagi orbita bo'ylab o'tgan yo'lini hisoblashda;
 - d) Yerning o'z o'qi atrofida sutkalik aylanishida ekvator nuqtasining harakat tezligini hisoblashda;
 - e) Yerning Quyosh atrofidagi orbitasi bo'ylab harakat tezligini hisoblashda.
2. Quyidagi qaysi hollarda jismni moddiy nuqta deb qarash mumkin?
 - a) poyezdning bekatga yaqinlashayotganida;
 - b) poyezdning ikki shahar orasidagi harakatida;
 - d) odamning xonadagi harakatida;
 - e) qishloq markaziga ketayotgan odamning harakatida;
 - f) to'pning futbol maydonidagi harakatida;
 - g) to'pning diametrini aniqlashda.
3. Taksida biz pulni yo'lga to'laymizmi yoki ko'chishga? Samolyotda bir shahardan ikkinchi shaharga uchganda-chi?
4. Bola to'pni 1,5 m balandlikdan yerga tashladi. To'p yerga urilib, 0,5 m balandlikka chiqqanida bola uni ilib oldi. To'pning yo'li va ko'chishini toping.
5. Vertolyot gorizontal ravishda sharq tomonga 10 km, so'ngra janub tomonga 8 km, undan keyin g'arb tomonga 12 km, shundan so'ng esa shimol tomonga 8 km uchdi. Vertolyotning yo'li va ko'chishini toping.
6. Nuqtalar o'rniga mos bo'lgan iboralarni qo'yib, ta'rifni to'ldiring:
Vektor kattaliklar — bu ...
 - a) faqat son qiymati bilan aniqlanadigan kattaliklar;
 - b) faqat yo'nalishlari bilan aniqlanadigan kattaliklar;
 - d) son qiymatlari hisobga olinmasa ham bo'ladigan kattaliklar;
 - e) birlikka ega bo'lmagan va yo'nalishlari bilan aniqlanadigan kattaliklar;
 - f) son qiymatlari va yo'nalishlari bilan aniqlanadigan kattaliklar.

II bob. TO'G'RI CHIZIQLI HARAKAT



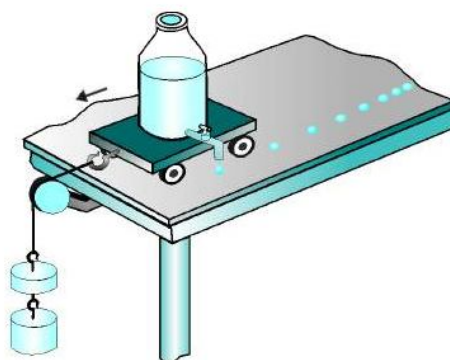
Tevarak-atrofdagi jismlar ko'proq notekis harakatda bo'lib, ularning harakat trayektoriyasi murakkabdir. Eng oddiy mexanik harakat – bu ularning to'g'ri chiziqli tekis harakatidir. Bu bobda avval jismlarning to'g'ri chiziqli tekis harakatini o'rganasiz, notekis harakat haqida qisqacha ma'lumot olasiz. So'ngra to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatni o'rganishga kirishasiz.

5-§. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS HARAKAT HAQIDA TUSHUNCHA

Tekis harakat

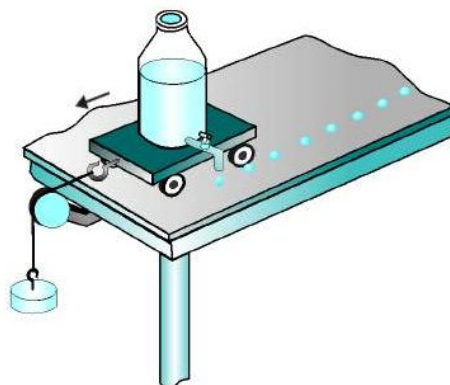
Quyidagi tajribani o'tkazaylik.

Aravachaga 24-rasmda ko'rsatilganidek tomizg'ich o'rnatilgan bo'lsin. Tomizg'ichdan bir me'yorda tomchi tomib tursin. Aravachani qo'yib yuborsak, u harakatlanadi. Bunda aravacha ortidagi tomchilar orasidagi masofa bir xil emasligini kuzatish mumkin. Demak, aravacha bir xil vaqt oraliqlarida turlicha masofani bosib o'tgan, ya'ni u notekis harakat qilgan.



24-rasm. Aravachaning notekis harakati.

Endi yuqoridagi tajribani biroz o'zgartiraylik. Bu gal osilgan yukni kamaytirib shunga erishaylikki, tomgan tomchilar orasidagi masofa bir xil bo'lsin (25-rasm). Bu holda aravacha bir xil vaqt oraliqlarida bir xil yo'lni bosib o'tgan deyish mumkin.



25-rasm. Aravachaning tekis harakati.



Agar jism ixtiyoriy bir xil vaqt oraliqlarida bir xil yo'lni bosib o'tsa, bunday harakat tekis harakat deb ataladi.

Agar avtomobil tekis harakatlanib, har bir minutda 1,5 km dan yo'l bosib o'tayotgan bo'lsa, 2 minutda 3 km, 5 minutda 7,5 km, 10 minutda 15 km, 30 minutda 45 km, 1 soatda 90 km yo'lni bosib o'tadi.

Soat millari uchining harakati ham tekis harakatga misol bo'la oladi.

To'g'ri chiziqli harakat

Tevarak-atrofimizdagi jismlarning aksariyat hollardagi harakat trayektoriyasi egri chiziqdan iborat bo'ladi. Ayrim hollardagina jismlar yo'lning ma'lum bir qismida to'g'ri chiziqli harakat qilishi mumkin.



Jismning harakat trayektoriyasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, bunday harakat *to'g'ri chiziqli harakat* deyiladi.

24- va 25-rasmlardagi aravachaning harakati tekis yoki notekis bo'lishidan qat'iy nazar, ularning harakati to'g'ri chiziqlidir.

To'g'ri yo'ldan ketayotgan avtomobil harakatini, to'g'ri temir yo'lda poyezdning harakatini, ma'lum balandlikka ko'tarilib olgandan keyingi samolyotning harakatini to'g'ri chiziqli harakat deb olish mumkin.

To'g'ri chiziqli tekis harakat

24-rasmdagi aravacha to'g'ri chiziqli, lekin notekis harakat qilmoqda. Shuning uchun uning harakatini to'g'ri chiziqli tekis harakat deb bo'lmaydi. Soat millari uchining harakati tekis harakat qiladi, lekin to'g'ri chiziqli emas. Shuning uchun soat millari uchining harakati ham to'g'ri chiziqli tekis harakatga misol bo'la olmaydi.

25-rasmdagi aravacha esa ham to'g'ri chiziqli, ham tekis harakat qilmoqda. Shuning uchun uning harakati to'g'ri chiziqli tekis harakatdir.



Agar to'g'ri chiziqli harakatlanayotgan moddiy nuqta ixtiyoriy teng vaqtlar oralig'ida bir xil masofalarni bosib o'tsa, uning harakati *to'g'ri chiziqli tekis harakat* deyiladi.

To'g'ri chiziqli tekis harakat eng oddiy mexanik harakatdir. Bunday harakatga misollar:

1. Tep-tekis to'g'ri yo'lda avtomobil tezligini o'zgartirmasdan ketmoqda.

2. Temiryo'lining to'g'ri qismida poyezd bir xil tezlikda tekis harakatlanmoqda.

3. Dengizda suv sokin, tinch. Kema bir me'yorda to'g'ri chiziq bo'ylab suzmoqda.



Tayanch tushunchalar: tekis harakat, to'g'ri chiziqli harakat, to'g'ri chiziqli tekis harakat.



1. 24- va 25-rasmlarda tasvirlangan tajribani tushuntirib bering.
2. Qanday harakat tekis harakat deb ataladi?
3. To'g'ri chiziqli harakat deb nimaga aytiladi? Unga misollar keltiring.
4. To'g'ri chiziqli tekis harakatni ta'riflab bering.
5. Siz maktabga ketayotganingizda yo'lining qaysi qismida to'g'ri chiziqli tekis harakat qilasiz?

6-§. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS HARAKAT TEZLIGI

Tezlikni aniqlash

Kuzatishlarimizdan bir jism ikkinchi jismdan tez yoki sekin harakatlanishini bilamiz. Masalan, velosiped odamdan tez, avtomobil odam va velosipeddan tez, poyezddan esa sekin harakat qiladi. Samolyotning harakati esa poyezdnikidan ham tezdir (26-rasm).



5 km/soat



90 km/soat



900 km/soat



30 km/soat



150 km/soat

26-rasm. Jismlar turli tezlikda harakatlanadi.



Vaqt birligida bosib o'tilgan yo'lga teng bo'lgan kattalik *tezlik* deb ataladi.

6-sinf fizika darslaridan jismning bosib o'tgan yo'li s , shu yo'lni bosib o'tishiga ketgan vaqt t , tezlik v bilan belgilanishini bilasiz. Shularga asosan tezlik formulasi quyidagicha ifodalangan edi:

$$v = \frac{s}{t}. \quad (1)$$



Jismning tekis harakatidagi tezligi jism bosib o'tgan yo'lning shu yo'lni bosib o'tish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan aniqlanadi.

Yuqorida keltirilgan misolda odam tezligi $v_o = 5$ km/soat, velosiped tezligi $v_v = 30$ km/soat, avtomobil tezligi $v_a = 90$ km/soat, poyezd tezligi $v_p = 150$ km/soat, samolyot tezligi esa $v_s = 900$ km/soat.

Harakat to'g'ri chiziqli bo'lganda ko'chish son jihatdan bosib o'tilgan yo'lga teng bo'ladi. U holda to'g'ri chiziqli tekis harakat tezligining vektor ko'rinishdagi ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}. \quad (2)$$

Ko'chish vektor kattalik bo'lganligi uchun tezlik ham vektor kattalikdir, tezlikning yo'nalishi harakat yo'nalishida bo'ladi.

Tezlikning birligi

Xalqaro birliklar sistemasida uzunlik (yo'l) birligi – metr (m), vaqt birligi – sekund (s) qabul qilinganligini bilasiz.



Xalqaro birliklar sistemasida tezlikning birligi m/s bo'lib, tezlik 1 m/s bo'lganida jism 1 s vaqtda 1 m masofani bosib o'tadi.

Tezlikning asosiy birligi – m/s dan tashqari km/soat, km/min, km/s, sm/s kabi birliklari ham qo'llaniladi. Bunda: $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/soat}$, $1 \text{ m/s} = 0,06 \text{ km/min}$, $1 \text{ km/s} = 1000 \text{ m/s}$, $1 \text{ m/s} = 100 \text{ sm/s}$.

Masalalar yechishda, kundalik hayotda tezlikning km/soat da berilgan qiymatini m/s da yoki m/s da berilgan qiymatini km/soat da ifodalash ko'p uchraydi.

Agar tezlik m/s da berilgan bo'lsa, uning qiymatini 3,6 ga ko'paytirish orqali tezlikning km/soat da ifodalangan qiymatini topish mumkin. Masalan, velosiped 10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning km/soat da ifodalangan tezligi quyidagicha topiladi:

$$v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 36 \frac{\text{km}}{\text{soat}}.$$

Agar tezlik km/soatda berilgan bo'lsa, uning tezligini 3,6 ga bo'lish yoki 5/18 ga ko'paytirish orqali tezlikning m/s da ifodalangan qiymatini topish mumkin. Masalan, avtomobil 90 km/soat tezlikda harakatlanayotgan bo'lsa, uning m/s da ifodalangan tezligi quyidagicha topiladi:

$$v = 90 \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 90 \cdot \frac{5}{18} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Tezlikni o'lchash

Harakatlanayotgan jismlarning tezligi maxsus asboblار yordamida o'lchanadi. Masalan, avtomobil, kema, samolyot tezligi spidometr (inglizcha *speed* – *tezlik*, lotincha *metreo* – *o'lchash*) yordamida o'lchanadi.

Siz avtomobil haydovchisi oldiga o'rnatilgan spidometrni ko'rgansiz (27-rasm). Uning ishlash prinsipi avtomobil g'ildiragining vaqt birligi ichida aylanishlar sonini o'lchashga asoslangan. Masalan, shinaning tashqi aylana uzunligi 2 m bo'lsa, g'ildirakning har bir aylanishida avtomobil 2 m masofani bosib o'tadi. Agar sekundiga g'ildirak 10 marta aylanayotgan bo'lsa, shu vaqtda avtomobil 20 m masofani bosib o'tgan bo'ladi. U holda avtomobil spidometrining ko'rsatadigan tezligi 20 m/s yoki 72 km/soat bo'ladi.

Shunday asboblار borki, yerda turib osmonda uchib ketayotgan samolyotning tezligini, yo'l chetida turib yaqinlashib kelayotgan avtomobilning tezligini aniqlab berishi mumkin. Yo'l patrul xizmati xodimlari shunday maxsus asbob – radar yordamida yo'lda ketayotgan avtomobillarning tezligini aniqlaydilar.



27-rasm. Avtomobil spidometri.

Masala yechish namunasi

Tekis harakat qilayotgan «Neksiya» 3 minutda 5 km masofani bosib o'tdi. Uning tezligini km/soat hisobida toping.

*Berilgan:**Formulasi:**Yechilishi:*

$$t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s};$$

$$s = 5 \text{ km} = 5000 \text{ m.}$$

Topish kerak:

$$v = ?$$

$$v = \frac{s}{t}.$$

$$v = \frac{5000 \text{ m}}{180 \text{ s}} = \frac{250}{9} \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 100 \frac{\text{km}}{\text{soat}}.$$

Javob: $v = 100 \text{ km/soat}.$ 

Tayanch tushunchalar: tekis harakat tezligi, to'g'ri chiziqli tekis harakat tezligi, tezlik birliklari, spidometr.



1. Tezlik deb qanday kattalikka aytiladi?
2. Tekis harakat uchun tezlik formulasi qanday ifodalanadi?
3. Tezlikning vektor ko'rinishidagi formulasi qanday ifodalanadi?
4. Xalqaro birliklar sistemasida tezlik birligi qilib qanday birlik qabul qilingan? Tezlikning yana qanday birliklarini bilasiz?
5. Avtomobillarda tezlik qanday o'lchanadi?



1. 26-rasmdagi odam, velosiped, avtomobil, poyezd va samolyotning tezliklarini m/s da ifodalang.
2. Tezliklarni km/soat da ifodalang: 2 m/s, 5 m/s, 20 m/s, 50 m/s.
3. Metro eskalatorining uzunligi 18 m. U odamni 12 sekundda yuqoriga olib chiqadi. Eskalatorda turgan odamning tezligini toping.
4. Velosiped tekis harakat qilib, 15 minutda 4,5 km masofani bosib o'tdi. Uning tezligini m/s hisobida toping.
5. Tekis harakat qilayotgan avtomobil 30 minutda 40 km masofani bosib o'tdi? Avtomobilning tezligini toping.

7-§. TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS HARAKATNING GRAFIK TASVIRI

Tezlik formulasidan yo'l va vaqtni topish

Jismning harakat tezligi ma'lum bo'lsa, tezlik formulasidan uning ixtiyoriy vaqt ichida bosib o'tgan yo'lini topish mumkin:

$$s = vt.$$

(1)



Tekis harakatda bosib o'tilgan yo'lni topish uchun jism tezligini harakatlanishi uchun ketgan vaqtga ko'paytirish kerak.

Masalan, jism $v = 8$ m/s tezlik bilan tekis harakatlanayotgan bo'lsa, u $t = 10$ s davomida $s = vt = 8$ m/s \cdot 10 s = 80 m yo'lni bosib o'tadi.

Jismning tekis harakatdagi tezligi va bosib o'tgan yo'li ma'lum bo'lsa, tezlik formulasidan uning harakatlanish vaqtini topish mumkin:

$$t = \frac{s}{v}.$$

(2)



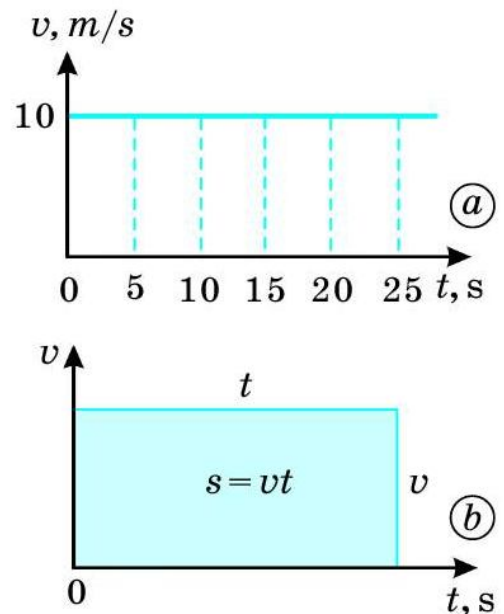
Tekis harakatlanayotgan jismning harakatlanish vaqtini topish uchun shu vaqt davomida bosib o'tgan yo'lni tezlikka bo'lish kerak.

Masalan, jism 12 m/s tezlik bilan tekis harakatlanayotgan bo'lsa, u 60 m yo'lni $t = \frac{s}{v} = \frac{60 \text{ m}}{12 \text{ s}} = 5$ s da bosib o'tadi.

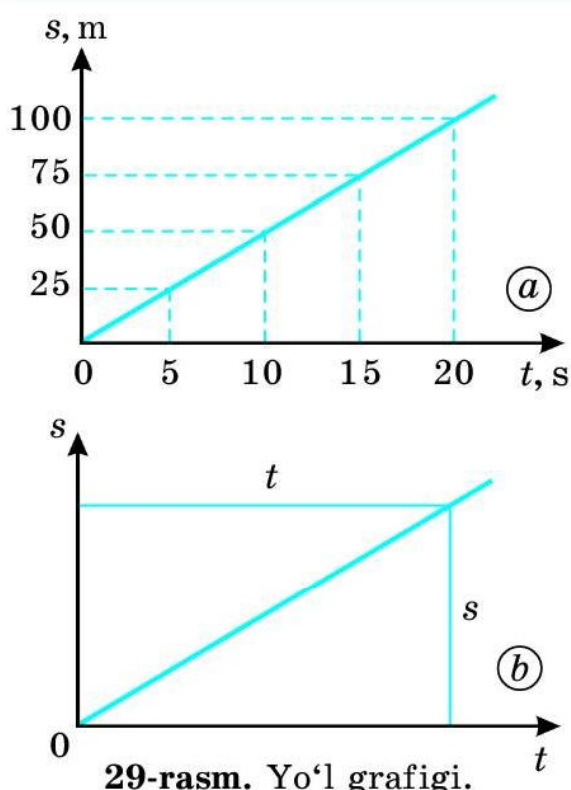
Tezlik grafigi

Tekis harakatda t vaqt orta borishi bilan jism tezligi o'zgarmay qolaveradi. Masalan, to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan jismning boshlang'ich tezligi 10 m/s bo'lsa, 5 s, 10 s, 15 s, 20 s, 25 s dan keyin ham uning tezligi 10 m/s ga teng bo'laveradi. Bu holda tezlik grafigini 28-a rasmda ko'rsatilganidek tasvirlash mumkin.

Umumiy hol uchun aytish mumkinki, tekis harakatda tezlik grafigi tomonlari v va t bo'lgan to'g'ri to'rtburchakdan iborat bo'ladi. Shu to'rtburchakning yuzi son jihatdan jism bosib o'tgan s yo'lga tengdir (28-b rasm).



28-rasm. Tezlik grafigi.



Yo'l grafigi

Jism $v = 5$ m/s tezlik bilan harakatlanylmoqda bo'lsin. Yo'l formulasi – $s = vt$ dagi t ga son qiymatlarni berib, s yo'lining tegishli qiymatlarini topamiz va natijalarni jadvalga yozamiz:

t, s	5	10	15	20
$s = vt, m$	25	50	75	100

Jadvaldagi t vaqtning har bir qiymatiga to'g'ri kelgan s yo'lining mos qiymatlarini koordinata o'qlarida aks ettirsak, yo'l grafigini hosil qilamiz (29-a rasm). Yo'l grafigining umumiy holdagisi 29-b rasmda tasvirlangan.

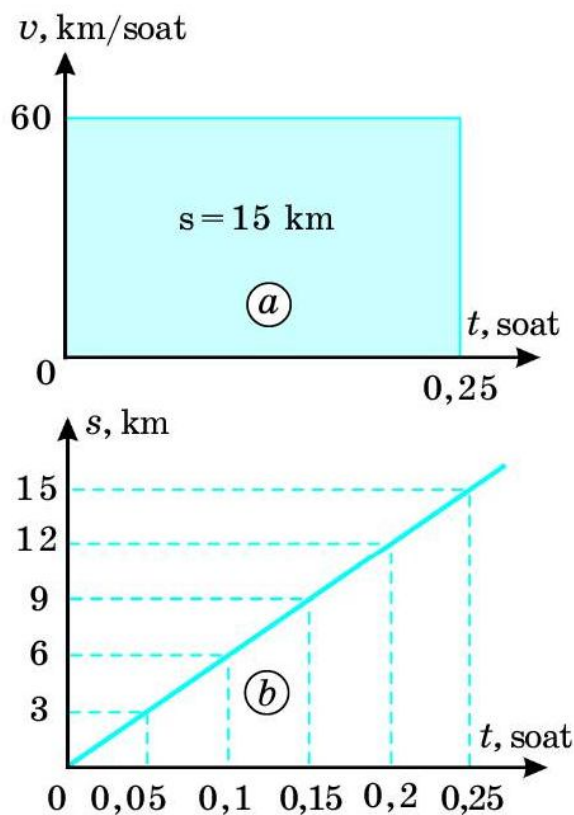
Masala yechish namunasi

Avtomobil 60 km/soat tezlik bilan tekis harakat qilmoqda. Uning 15 minut davomidagi harakati uchun tezlik va yo'l grafiklarini chizing.

Yechilishi: 15 min = 0,25 soat. Tezlik grafigi tomonlari 60 km/soat va 0,25 soat bo'lgan to'g'ri to'rtburchakdan iborat (30-a rasm). Hosil bo'lgan to'g'ri to'rtburchakning yuzi: $60 \cdot 0,25 = 15$. Bu son jihatdan avtomobilning 15 minutda bosib o'tgan s yo'lga teng.

$s = vt$ da $v = 60$ km/soat ekanligini hisobga olib, quyidagi jadvalni tuzamiz:

t, soat	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
s, km	3	6	9	12	15



Ushbu jadval asosida 30-b rasmda tasvirlangan yo'l grafigini hosil qilamiz.



Tayanch tushunchalar: tekis harakatda bosib o'tilgan yo'l, tekis harakatlanayotgan jismning harakatlanish vaqti, tezlik grafigi, yo'l grafigi.



1. Tekis harakatda bosib o'tilgan yo'lni topish formulasi qanday ifodalanadi?
2. Tekis harakat tezligi formulasidan harakat vaqti qanday topiladi?
3. Tezlik grafigi qanday tasvirlanadi?
4. Yo'l grafigi jadval yordamida qanday chizilishini tushuntirib bering.
5. Uyingizdan maktabga borishdagi holat uchun taxminiy tezlik va yo'l grafiklarini chizing.



1. 3 m/s tezlik bilan tekis harakat qilayotgan jism 20 sekunda qancha masofani bosib o'tadi?
2. 120 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanayotgan poyezd 15 minutda necha kilometr masofani bosib o'tadi?
3. 10 m/s tezlik bilan tekis harakatlanayotgan jism 6 km masofani necha minutda bosib o'tadi?
4. Osmonga ko'tarilgandan so'ng 900 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanayotgan samolyot 450 km masofani necha soatda uchib o'tadi?
5. 18 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanayotgan velosiped uchun tezlik va yo'l grafiklarini chizing.

8-§. NOTEKIS HARAKATDA TEZLIK

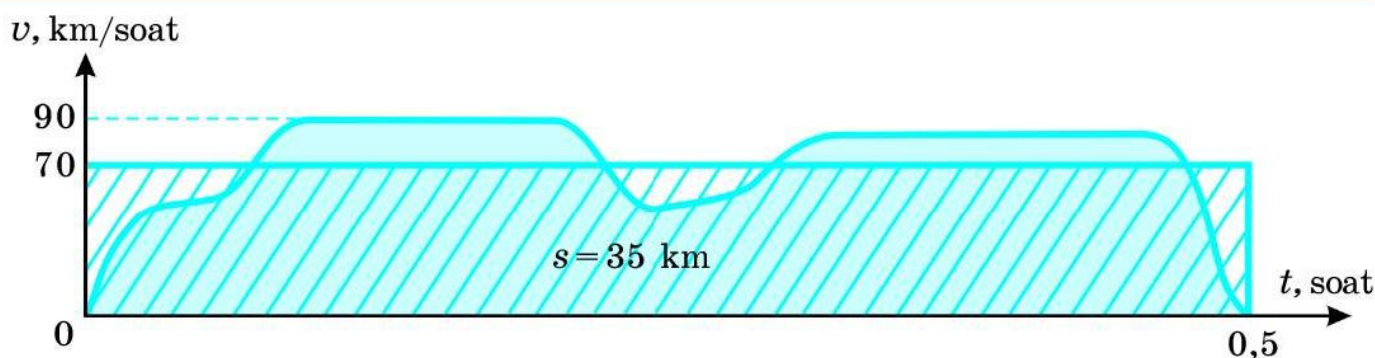
O'rtacha tezlik

Tekis harakat qilayotgan jism istalgan $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ vaqt oraliqlarida mos ravishda $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ yo'lni bosib o'tgandagi tezligi o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi:

$$v = \frac{s_1}{t_1} = \frac{s_2}{t_2} = \frac{s_3}{t_3} = \dots = \frac{s_n}{t_n} = \text{const}, \quad (1)$$

bunda «const» o'zgarmas qiymatni ifodalovchi belgi. Lotinchada *constans* – o'zgarmas, doimiy demakdir.

Tevarak-atrofimizdagi jismlar, asosan, notekis harakat qiladi. Masalan, bir manzildan chiqqan avtomobil 35 km masofani bosib, yarim soatdan keyin



31-rasm. Avtomobilning notekis harakatidagi tezlik grafigi.

ikkinchi manzilga yetib bordi. Avtomobil yo‘lda turli tezlikda yurdi. Yo‘lning ayrim qismlaridagina tekis harakat qildi (31-rasm). Avtomobilning harakati butun yo‘lga nisbatan notekisdir.



Harakat davomida jism tezligi o‘zgaruvchan bo‘lsa, bunday harakat notekis harakat deyiladi.

31-rasmda tasvirlangan havorang shaklning yuzi bosib o‘tilgan $s = 35$ km yo‘lning son qiymatiga tengdir.

Yuqoridagi misolda avtomobilning o‘zgarmas tezligi emas, balki o‘rtacha tezligi haqida gapirish mumkin. Bunda avtomobilning o‘rtacha tezligi $35 \text{ km} : 0,5 \text{ soat} = 70 \text{ km/soat}$ ga teng.



Notekis harakatda o‘rtacha tezlik jism bosib o‘tgan yo‘lning shu yo‘lni bosib o‘tishga ketgan vaqtga nisbati bilan aniqlanadi.

Ya’ni:

$$v_{o'rt} = \frac{s}{t}. \quad (2)$$

Tezlik grafigida o‘rtacha tezlik grafigi o‘zgarmas tezlik kabi gorizontaal yo‘nalishdagi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi.

(2) formuladan notekis harakatda bosib o‘tilgan yo‘l quyidagicha ifodalanadi:

$$s = v_{o'rt} t. \quad (3)$$

Avtomobilning o‘rtacha tezligi $v_{o'rt} = 70 \text{ km/soat}$ bilan harakat vaqti $t = 0,5$ soat ko‘paytmasi 31-rasmda tasvirlangan to‘g‘ri to‘rtburchakning yuziga son jihatdan teng. Bunda o‘rtacha tezlik grafigi hosil qilgan

shtrixlangan shaklning yuzi notekis harakat tezligi grafigi hosil qilgan havorang shaklning yuziga teng bo'ladi.

Oniy tezlik

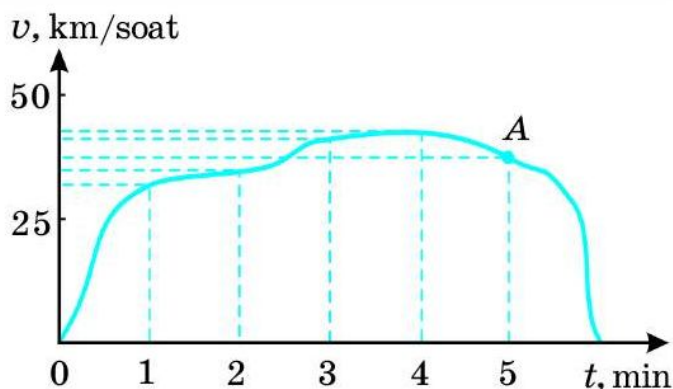
O'rtacha tezlik notekis harakatlanayotgan jismning butun yo'l davomidagi harakatini umumiy tarzda ifodalaydi. Lekin undan yo'lning ixtiyoriy nuqtasidagi tezlikni bilib bo'lmaydi. Notekis harakatda bizni aynan yo'lning ixtiyoriy nuqtasidagi tezlik qiziqtiradi.



Jismning muayyan bir paytdagi yoki trayektoriyaning ma'lum bir nuqtasidagi tezligi oniy tezlik deb ataladi.

Oniy tezlik jismning kuzatilayotgan ondagi tezligini bildiradi.

Avtobusning ikki bekat orasidagi notekis harakatini tahlil qilaylik. Bekatlar orasidagi yo'lni 6 minutda bosib o'tsin. Avtobusning harakat tezligi grafigi 32-rasmda tasvirlangan kabi bo'lsin. Ixtiyoriy vaqtga to'g'ri kelgan tezlik oniy tezlik bo'ladi. Taqribiy ravishda grafikdan 1 minut o'tgandagi oniy tezligi 32 km/soat, 3 minut o'tgandagi oniy tezligi 40 km/soat, 5 minut o'tgandagi oniy tezligi esa 36 km/soat ga teng.



32-rasm. Avtobusning tezlik grafigi.

Harakatning ma'lum bir nuqtasidagi oniy tezligini taqriban aniqlash uchun shu nuqtada kichik Δt vaqt ichida jismning bosib o'tgan Δs yo'li topiladi. Bunda Δ (delta) – juda kichik oraliqni bildiruvchi belgi. 32-rasmdagi tezlik grafigi bo'yicha A nuqtada avtobus $\Delta t = 3$ s vaqt ichida $\Delta s = 30$ m yo'l bosgan bo'lsin. U holda avtobusning A nuqtadagi taqribiy oniy tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30 \text{ m}}{3 \text{ s}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 36 \frac{\text{km}}{\text{soat}}.$$



Tayanch tushunchalar: notekis harakat, o'rtacha tezlik, notekis harakatda o'rtacha tezlik, oniy tezlik.



1. Notekis harakat deb nimaga aytiladi?
2. Notekis harakatda o'rtacha tezlik qanday aniqlanadi?
3. Oniy tezlik deb nimaga aytiladi?
4. 32-rasmda tasvirlangan tezlik grafigini tahlil qiling.



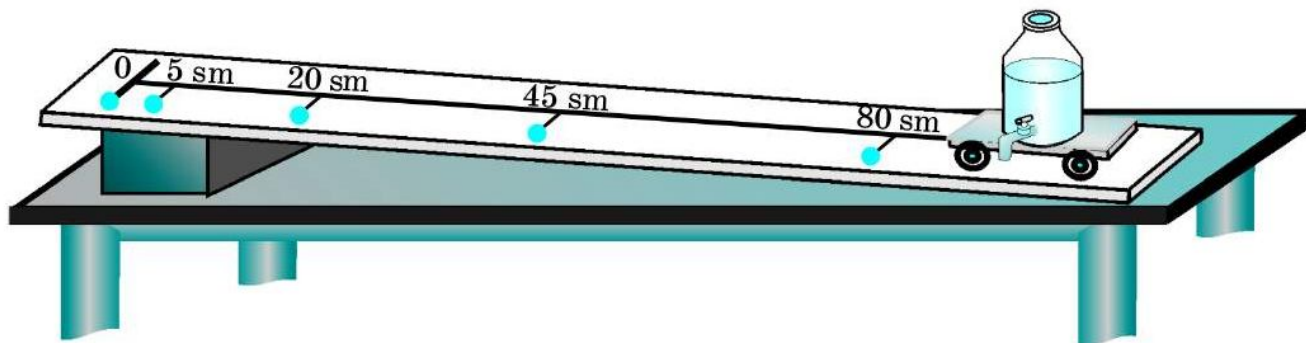
1. Jism notekis harakat qilib, 2 minutda 60 m masofani bosib o'tdi. Uning o'rtacha tezligi necha m/s ga teng bo'ladi?
2. Toshkentdan soat 7^{30} da yo'lga chiqqan «Neksiya» 270 km yo'l bosib, soat 10^{30} da Farg'onaga yetib keldi. Uning o'rtacha tezligini toping.
3. O'quvchi yo'lning ma'lum bir qismida 2 s davomida 3 m yurdi. Yo'lning shu qismidagi o'quvchining tezligini toping. Bu taqribiy oniy tezlikmi yoki o'rtacha tezlikmi?
4. Agar o'quvchining o'rtacha tezligi 1 m/s, uyidan maktabgacha bo'lgan masofa 600 m bo'lsa, u maktabga 7^{50} da yetib borishi uchun uyidan soat nechada chiqishi kerak?

9-§. TEKIS O'ZGARUVCHAN HARAKATDA TEZLANISH

Tekis o'zgaruvchan harakat haqida tushuncha

Notekis harakatning eng oddiy ko'rinishi – tekis o'zgaruvchan harakatdir. Qiya novda sharcha yoki aravachaning harakati tekis o'zgaruvchan harakatga misol bo'la oladi.

Tomizg'ich o'rnatilgan aravachaning qiya tekislikdagi harakatini ko'rib chiqaylik. Tomizg'ichdan bir tekisda har 0,5 sekundda bittadan tomchi tushsin. Aravacha qo'yib yuborilganda tomchilar orasidagi masofa ortib borganligini kuzatish mumkin (33-rasm). Bunda:



33-rasm. Qiya tekislikda aravacha tekis o'zgaruvchan harakat qiladi.

- 1- va 2-tomchilar orasi — 5 sm;
- 2- va 3-tomchilar orasi — $20 \text{ sm} - 5 \text{ sm} = 15 \text{ sm}$;
- 3- va 4-tomchilar orasi — $45 \text{ sm} - 20 \text{ sm} = 25 \text{ sm}$;
- 4- va 5-tomchilar orasi — $80 \text{ sm} - 45 \text{ sm} = 35 \text{ sm}$.

Demak, tomchilar orasidagi masofa har $0,5 \text{ s}$ da 10 sm ga ortib boradi. Bundan har $0,5 \text{ s}$ da aravachaning tezligi $10 \text{ sm} : 0,5 \text{ s} = 20 \text{ sm/s}$ ga ortib borishini aniqlash mumkin.



Ixtiyoriy teng vaqtlar oraliqlarida tezligi mos ravishda teng kattaliklarga o'zgarib boradigan harakat tekis o'zgaruvchan harakat deb ataladi.

Avtomobil joyidan qo'zg'alib, tezligini bir tekis oshirib borsa, uning harakatini ham tekis o'zgaruvchan (tezlanuvchan) harakat deyish mumkin.

Jism tezligi bir tekis oshib borgandagina emas, balki tezligi bir tekis kamayib borganda ham tekis o'zgaruvchan harakat bo'ladi. Masalan, sharchani qiya tekislikda pastdan yuqoriga dumalatganda uning tezligi tekis o'zgaruvchan (sekinlanuvchan) bo'ladi. Tekis to'g'ri yo'lda katta tezlikda ketayotgan avtomobilning motori o'chirilsa, u tekis o'zgaruvchan (sekinlanuvchan) harakat qilib, ma'lum yo'lni bosib o'tgandan keyin to'xtaydi. Bundan buyon tekis o'zgaruvchan harakat deganda, tezligi tekis tezlanuvchan yoki tekis sekinlanuvchan harakat ko'zda tutiladi.

Tezlanish va uning birligi

Tekis o'zgaruvchan harakatni tavsiflash uchun **tezlanish** deb ataluvchi kattalik kiritilgan.



Vaqt birligida jism tezligining o'zgarishi tezlanish deb ataladi.

Tezlanish formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \quad (1)$$

bunda v_0 — jismning boshlang'ich tezligi, v — jismning t vaqt o'tgandagi tezligi.



Tezlanish tezlik o'zgarishining shu tezlik o'zgarishi sodir bo'lgan vaqt oralig'iga nisbati bilan aniqlanadi va a harfi bilan belgilanadi.

Tezlanish formulasidan foydalanib, tezlanish birligini topish mumkin. Tezlanishning asosiy birligi qilib m/s^2 olingan.



Xalqaro birliklar sistemasidagi tezlanish birligi – m/s^2 shunday birlikki, bunda jismning harakat tezligi har 1 s da 1 m/s ga o'zgaradi.

Tezlanish birligi sifatida sm/s^2 ham ko'p qo'llaniladi. Bunda:

$$1 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ sm/s}^2.$$

Tezlanish formulasi sekinlanuvchan harakat uchun ham o'rinlidir. Masalan, jismning boshlang'ich tezligi $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $t = 10 \text{ s}$ vaqt o'tgandagi tezligi $v = 5 \text{ m/s}$ bo'lsa, tezlanish quyidagicha topiladi:

$$a = \frac{5 - 20}{10} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Tekis tezlanuvchan harakatda jismning tezlanishi musbat ($a > 0$), tekis sekinlanuvchan harakatda esa manfiy ($a < 0$) bo'ladi.

Tezlanish vektor kattalikdir. Uning vektor ko'rinishdagi ifodasi quyidagicha ifodalanadi:

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

To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda tezlanishning yo'nalishi jismni harakat yo'nalishi bo'yicha, tekis sekinlanuvchan harakatda esa harakat yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi.

Masala yechish namunasi

Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan «Spark» avtomobili 5 s davomida tezligini 36 km/soat dan 90 km/soat ga oshirdi. Uning tezlanishini toping.

Berilgan:

$$\begin{aligned} t &= 5 \text{ s}; \\ v_0 &= 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s}; \\ v &= 90 \text{ km/soat} = 25 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

Topish kerak:

$a - ?$

Formulasi:

$$a = \frac{v - v_0}{t}.$$

Yechilishi:

$$a = \frac{25 - 10}{5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$\text{Javob: } a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$



Tayanch tushunchalar: tekis o'zgaruvchan harakat, tekis tezlanuvchan harakat, tekis sekinlanuvchan harakat, tezlanish.



1. Tekis o'zgaruvchan harakat deb qanday harakatga aytiladi? Uni misollar yordamida tushuntirib bering.
2. 33-rasmdagi qiya tekislikda aravachaning harakatini tahlil qiling va aravachaning tekis o'zgaruvchan harakat qilayotganini asoslang.
3. Tezlanish deb nimaga aytiladi? Uning formulasi qanday ifodalanadi?
4. Xalqaro birliklar sistemasida tezlanish birligi qanday ifodalanadi?
5. Tezlanuvchan harakatda a tezlanishning ishorasi qanday bo'ladi? Sekinlanuvchan harakatda-chi?
6. Tezlanishning vektor ko'rinishdagi formulasi qanday ifodalanadi? Tezlanishning yo'nalishi qanday bo'ladi?
7. Siz yugura boshladingiz va ma'lum vaqtdan keyin to'xtadingiz. Bunda qay holda tezlanuvchan, qay holda sekinlanuvchan harakat qilasiz?



1. Tinch turgan jism tekis tezlanuvchan harakatlanib, 8 s da 20 m/s tezlikka erishdi. Jism qanday tezlanish bilan harakat qilgan?
2. Joyidan qo'zg'algan velosiped 10 s da 18 km/soat tezlikka erishdi. So'ngra tormoz berib, 5 s dan keyin to'xtadi. Velosipedning tekis tezlanuvchan harakatidagi va tekis sekinlanuvchan harakatidagi tezlanishlarini toping.
3. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan «Kaptiva» avtomobili 25 s davomida tezligini 45 km/soat dan 90 km/soat ga oshirdi. «Kaptiva»ning tezlanishini toping.
4. Joyidan qo'zg'algan jism $0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qilib, qancha vaqtda 9 m/s tezlikka erishadi?
5. Samolyot qo'nish paytida g'ildiraklari yerga tekkandagi tezligi 360 km/soat. Agar uning tezlanishi $-2,0 \text{ m/s}^2$ bo'lsa, u qancha vaqtdan keyin to'xtaydi?

10-§. TEKIS O'ZGARUVCHAN HARAKAT TEZLIGI

Tekis o'zgaruvchan harakatda tezlik va uning grafigi

Agar tekis o'zgaruvchan harakatda jismning boshlang'ich tezligi va tezlanishi ma'lum bo'lsa, uning harakat davomidagi ixtiyoriy vaqtda

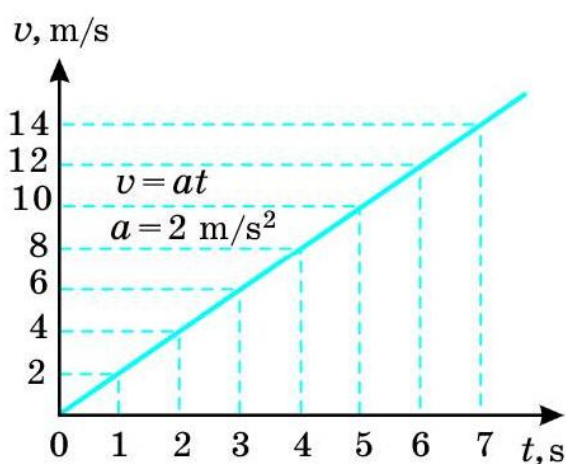
erishgan tezligini hisoblab topish mumkin. Tezlanishning $a = \frac{v - v_0}{t}$ formulasidan jismning ixtiyoriy t vaqtdagi v tezligi uchun quyidagi ifodani hosil qilish mumkin:

$$v = v_0 + at. \quad (1)$$

Jism boshlang'ich tezliksiz ($v_0 = 0$) tekis tezlanuvchan harakat qilganda tezlik formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$v = at. \quad (2)$$

Boshlang'ich tezliksiz $a = 2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qilayotgan jismning tezlik grafigini chizaylik. Buning uchun avval (2) formulada $a = 2 \text{ m/s}^2$ deb olib, t ga son qiymatlarni beramiz va unga mos bo'lgan v ning qiymatlarini hosil qilamiz. Natijalarni quyidagi jadvalga yozamiz:

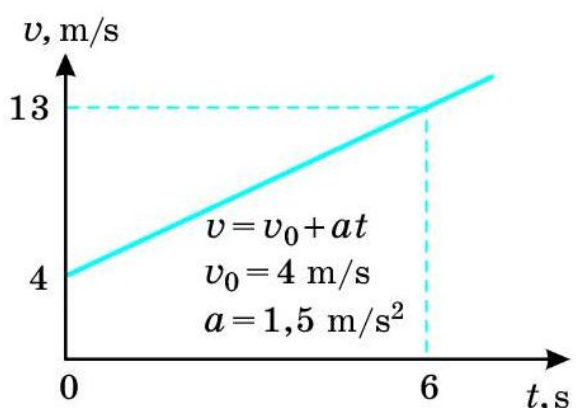


t, s	1	2	3	4	5	6	7
$v, \text{m/s}$	2	4	6	8	10	12	14

Jadvaldagi t va v ning son qiymatlarini tegishli koordinatalar o'qiga qo'yib, $v_0 = 0$ hol uchun tekis tezlanuvchan harakatning tezlik grafigini hosil qilamiz (34-rasm).

34-rasm. Tekis tezlanuvchan harakat uchun tezlik grafigi ($v_0 = 0$).

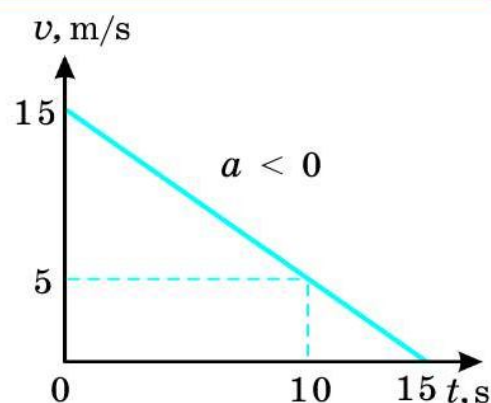
Tekis o'zgaruvchan harakat uchun tezlik grafiklari to'g'ri chiziqdan iborat. Shuning uchun vaqtning ikki qiymati va unga mos kelgan tezliklarni grafikda tasvirlash yetarlidir.



35-rasm. Tekis tezlanuvchan harakat uchun tezlik grafigi ($v_0 > 0$).

Jism $v_0 = 4 \text{ m/s}$ boshlang'ich tezlik va $a = 1,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsin. U holda (1) formuladan $t = 0$ qiymat uchun $v = 4 \text{ m/s}$, $t = 6 \text{ s}$ qiymat uchun $v = 13 \text{ m/s}$ ekanligini hisoblab topish mumkin. Ularni koordinatalar o'qiga qo'yib, 35-rasmda tasvirlangan grafikni hosil qilamiz. Bu boshlang'ich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jismning tezlik grafigidir.

Endi tekis sekinlanuvchan harakat, ya'ni $a < 0$ hol uchun tezlik grafigini ko'raylik. Jism $v_0 = 15$ m/s boshlang'ich tezlik va $a = -1$ m/s² tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsin. (1) formuladan $t = 0$ qiymat uchun $v = 15$ m/s, $t = 10$ s qiymat uchun esa $v = 5$ m/s ekanligini hisoblab topish mumkin. Ularni koordinatalar o'qiga qo'yib, tekis sekinlanuvchan harakat uchun tezlik grafigini hosil qilamiz (36-rasm).



Tekis sekinlanuvchan harakatda jism oxir-oqibatda to'xtaydi. Buni 36-rasmdan ham ko'rish mumkin. Haqiqatan, (1) formulada $t = 15$ s da $v = 0$ bo'ladi, ya'ni jism harakatdan to'xtaydi.

Odatda jismlar ma'lum bir vaqt davomida avval tezlanish bilan, keyin o'zgarmas tezlik bilan, undan so'ng esa sekinlanuvchan harakat qilib to'xtaydi. Masalan, joyidan qo'zg'algan velosiped 10 s davomida tezligini 5 m/s ga yetkazsin. Shu tezlikda velosiped 40 s harakatlansin. So'ngra asta-sekin tormoz berilganda 5 s davomida tekis sekinlanuvchan harakat qilib to'xtasin. Velosipedning bunday harakati uchun tezlik grafigi 37-rasmda tasvirlangan.



Tekis o'zgaruvchan harakatning o'rtacha tezligi

Tekis o'zgaruvchan harakat qilayotgan jismning o'rtacha tezligi quyidagicha ifodalanadi:

$$v_{o'rt} = \frac{v_0 + v}{2}, \quad (3)$$

bunda v_0 – jismning boshlang‘ich tezligi, v – ixtiyoriy t vaqtdagi tezligi.

Masalan, tezlik grafigi 35-rasmda tasvirlangan 6 s vaqt o‘tgandagi jismning o‘rtacha tezligini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$v_{o'rt} = \frac{4 + 13}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

(3) formuladagi v tezlik o‘rniga uning $v = v_0 + at$ ifodasi qo‘yilsa, o‘rtacha tezlikning quyidagi formulasi hosil qilinadi:

$$v_{o'rt} = v_0 + \frac{at}{2}. \quad (4)$$

Masalan, 35-rasmdagi tezlik grafigida $v_0 = 4 \text{ m/s}$, $a = 1,5 \text{ m/s}^2$ ekanligidan $t = 6 \text{ s}$ vaqt o‘tgandagi jismning o‘rtacha tezligini topish mumkin:

$$v_{o'rt} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{1,5 \cdot 6}{2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

(3) va (4) formulalardan boshlang‘ich tezliksiz, ya‘ni $v_0 = 0$ hol uchun tekis o‘zgaruvchan harakatdagi o‘rtacha tezlikning ifodalarini topish mumkin:

$$v_{o'rt} = \frac{v}{2}, \quad (5)$$

$$v_{o'rt} = \frac{at}{2}. \quad (6)$$

Masala yechish namunasi

Boshlang‘ich tezligi 18 km/soat bo‘lgan «Matiz» avtomobili $1,0 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib, 10 s dan keyin qanday tezlikka erishadi? «Matiz»ning o‘rtacha tezligini toping.

Berilgan:

$$\begin{aligned} v_0 &= 18 \text{ km/soat} = 5 \text{ m/s}; \\ a &= 1 \text{ m/s}^2; \\ t &= 10 \text{ s}. \end{aligned}$$

Formulasi:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at; \\ v_{o'rt} &= v_0 + \frac{at}{2}. \end{aligned}$$

Yechilishi:

$$\begin{aligned} v &= (5 + 1 \cdot 10) \text{ m/s} = \\ &= 15 \text{ m/s} = 54 \text{ km/soat}; \\ v_{o'rt} &= (5 + (1 \cdot 10)/2) \text{ m/s} = \\ &= 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/soat}. \end{aligned}$$

Topish kerak:

$$v - ? \quad v_{o'rt} - ?$$

Javob: $v = 54 \text{ km/soat}$; $v_{o'rt} = 36 \text{ km/soat}$.



Tayanch tushunchalar: tekis o‘zgaruvchan harakatda tezlik, tekis o‘zgaruvchan harakatning o‘rtacha tezligi.



1. Tekis o‘zgaruvchan harakat tezligining formulasi qanday ifodalanadi?
2. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning tezlik grafigini chizing.

3. Tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan jism uchun tezlik grafigi qanday bo'ladi?
4. 37-rasmda tasvirlangan tezlik grafigini tahlil qiling. Velosiped joyidan qo'zg'alib qanday tezlanish bilan harakat qilgan? To'xtash oldidan-chi?
5. Tekis o'zgaruvchan harakat qilayotgan jismning o'rtacha tezligi qanday ifodalanadi?

- M6**
1. Joyidan qo'zg'algan jism $0,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakat qilganda 1 minutda qanday tezlikka erishadi?
 2. Boshlang'ich tezligi 3 m/s bo'lgan jism $0,4 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib, 30 s da qanday tezlikka erishadi?
 3. 60 km/soat tezlik bilan ketayotgan «Neksiya» avtomobili motori o'chirilganidan keyin $-0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qila boshladi. 20 s dan keyin uning tezligi qancha bo'ladi? Shu 20 s davomida o'rtacha tezligi qancha bo'ladi?
 4. $0,4 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning ma'lum vaqtdagi tezligi 9 m/s ga teng. Jismning shu vaqtdan 10 s oldingi paytdagi tezligi qancha bo'lgan?

11-§. TEKIS O'ZGARUVCHAN HARAKATDA BOSIB O'TILGAN YO'L

Yo'l formulasi

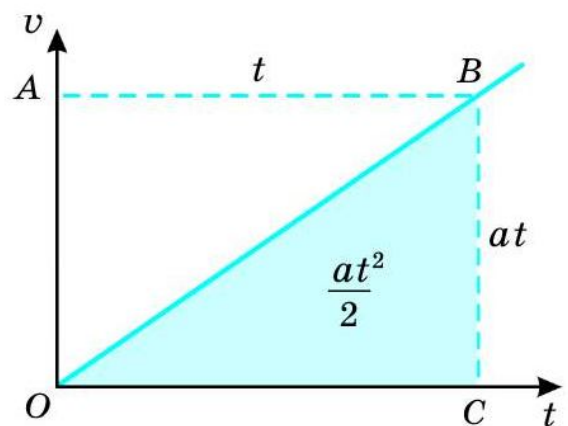
Tinch holatdagi jism a tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib, t vaqt davomida v tezlikka erishsin. Shu vaqt davomida jismning bosib o'tgan yo'li quyidagicha ifodalanadi:

$$s = v_{o'rt} t. \quad (1)$$

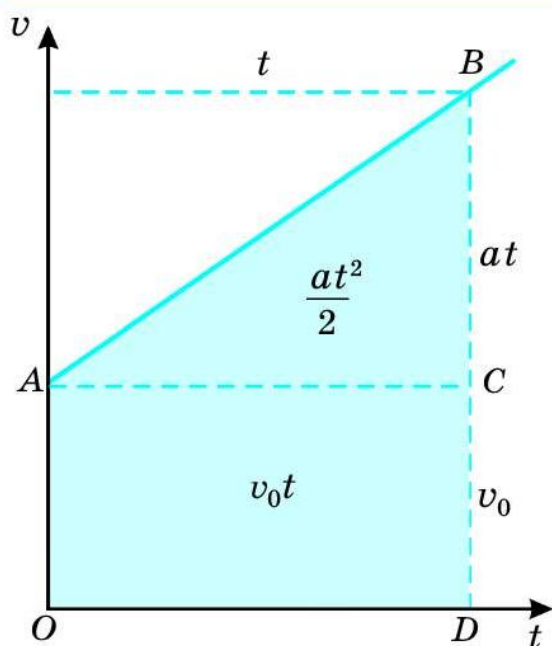
Bunda $v_{o'rt} = at/2$ ekanligidan tekis tezlanuvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$s = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$

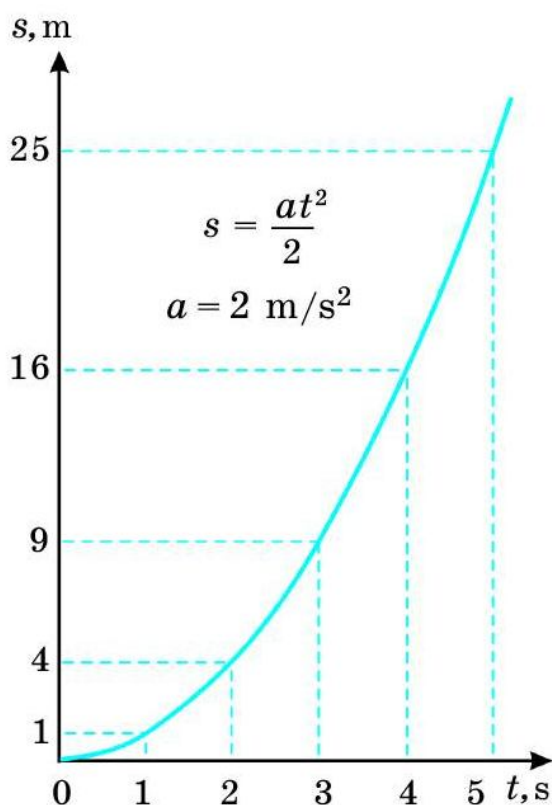
Boshlang'ich tezliksiz tekis harakatlanayotgan jismning tezlik grafigi qiyalik bo'yicha yo'nalgan to'g'ri chiziqdan iborat ekanligini bilasiz (38-rasm).



38-rasm. $v_0 = 0$ hol uchun tekis tezlanuvchan harakatda yo'l.



39-rasm. $v_0 > 0$ bo'lganda tekis tezlanuvchan harakat uchun yo'l grafigi.



40-rasm. $v_0 = 0$ bo'lganda tekis tezlanuvchan harakat uchun yo'l grafigi.

38-rasmda tasvirlangan OBC uchburchak yuzini aniqlaylik. Rasmdagi $OABC$ to'g'ri to'rtburchakning tomonlari at va t ekanligidan uning yuzi $at \cdot t = at^2$ ga teng. OBC uchburchakning yuzi esa $OABC$ to'rtburchak yuzining yarmisiga teng, ya'ni: $at^2/2$. Bu jism bosib o'tgan s yo'lni ifodalaydi.

v_0 boshlang'ich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning t vaqt davomida bosib o'tgan s yo'li 39-rasmda tasvirlangan $OABD$ shakl yuzining son qiymatiga teng bo'ladi. U ikki qismdan – yuzi $v_0 t$ bo'lgan $OACD$ to'g'ri to'rtburchakdan va yuzi $at^2/2$ bo'lgan ABC uchburchakdan iborat.

Demak, tekis o'zgaruvchan harakatda jismning bosib o'tgan yo'li quyidagicha ifodalanadi:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (3)$$

Yo'l grafigi

Jism joyidan qo'zg'alib, $a = 2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsin. Yo'l grafigini chizish uchun avval $s = at^2/2$ formuladan t vaqtning bir necha qiymatiga mos kelgan s yo'lni hisoblaymiz va natijalarni jadvalga yozib chiqamiz:

t, s	0	1	2	3	4	5
s, m	0	1	4	9	16	25

Jadvaldagi t va s ning mos qiymatlarini koordinata o'qlarida aks ettirib, yo'l grafigini hosil qilamiz (40-rasm).

Boshlang'ich tezlik bilan tezlanuvchan harakat qilayotgan jism uchun yo'l grafigi ham shu tarzda chiziladi. Uning grafigi ham egri chiziqdan iborat bo'lib, vaqt o'tishi bilan bosib o'tilgan yo'l tez orta boradi.

Masala yechish namunasi

10 m/s tezlik bilan to'g'ri yo'lda ketayotgan velosiped $-0,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qila boshladi. Velosiped 40 s davomida qancha yo'lni bosib o'tadi? Velosiped qancha vaqtdan keyin to'xtaydi?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$v_0 = 10 \text{ m/s};$ $a = -0,2 \text{ m/s}^2;$ $t = 40 \text{ s};$ $v = 0.$	$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$ $v = v_0 + at_0;$ $v_0 + at_0 = 0;$ $t_0 = -\frac{v_0}{a}.$	$s = (10 \cdot 40 + \frac{-0,2 \cdot 40^2}{2}) \text{ m} = 240 \text{ m};$ $t_0 = -\frac{10}{-0,2} \text{ s} = 50 \text{ s}.$
Topish kerak: $s - ? \quad t_0 - ?$		Javob: $s = 240 \text{ m}; t_0 = 50 \text{ s}.$



Tayanch tushunchalar: tekis o'zgaruvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l, tekis o'zgaruvchan harakat uchun yo'l grafigi.



1. Boshlang'ich tezliksiz tekis harakat uchun yo'l formulasi qanday ifodalanadi?
2. 38-rasmda tasvirlangan $v_0 = 0$ uchun tezlik grafigidan jismning bosib o'tgan yo'li qanday topiladi?
3. 39-rasmda tasvirlangan $v_0 > 0$ uchun tezlik grafigidan jismning bosib o'tgan yo'li qanday topiladi?
4. 40-rasmdagi yo'l grafigi qanday hosil qilinganini tushuntirib bering.

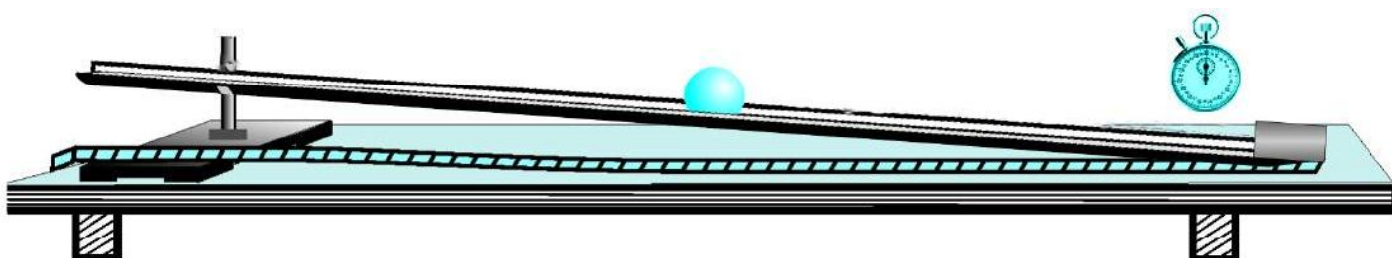


1. Joyidan qo'zg'alib, $0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jism 10 s da qancha yo'lni bosib o'tadi?
2. Boshlang'ich tezligi 30 km/soat bo'lgan avtomobil $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib, 1 minut davomida qancha yo'lni bosib o'tadi?
3. Jism joyidan qo'zg'alib, 1 m/s^2 tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilmoqda. Jism harakatining yo'l grafigini chizing.
4. Boshlang'ich tezligi 36 km/soat bo'lgan avtomobil 4 m/s^2 tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilmoqda. Avtomobil harakatining yo'l grafigini chizing.

12-§. TEKIS TEZLANUVCHAN HARAKATLANAYOTGAN JISM TEZLANISHINI ANIQLASH (1-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: qiya novdan dumalab tushayotgan sharchaning bosib o'tgan yo'li va harakat vaqtini o'lchash orqali tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jism tezlanishini aniqlashni o'rganish.

Kerakli jihozlar: metall nov, po'lat sharcha, shtativ, metall silindr, o'lchov tasmasi, sekundomer.



41-rasm. Tekis tezlanuvchan harakat tezlanishini aniqlash uchun qurilma.

Ishni bajarish tartibi

1. 41-rasmda ko'rsatilganidek metall novni shtativga o'rnating, metall silindrni novning quyi uchiga joylashtiring.

2. Novning yuqori uchidan qo'yib yuborilgan sharchaning novning quyi uchidagi silindrga borib urilgungacha o'tgan vaqtni sekundomer yordamida o'lchang.

3. Tajribani 3 marta takrorlang. Har gal sharchaning harakat vaqti t_1 , t_2 , t_3 ni o'lchang. Nnatijalarni 1-jadvalga yozib boring.

4. O'lchov tasmasi yordamida sharchaning bosib o'tgan s yo'lini o'lchang.

5. Tekis tezlanuvchan harakatda jism bosib o'tgan yo'l $s = at^2/2$ formuladan tezlanish formulasi $a = 2s/t^2$ bo'ladi. Tajribada o'lchangan s yo'lni va har bir t_1 , t_2 , t_3 vaqtni birma-bir tezlanish formulasiga qo'yib, a_1 , a_2 , a_3 tezlanishlarni hisoblang.

6. $a = (a_1 + a_2 + a_3)/3$ formula yordamida o'rtacha tezlanishni hisoblang. Olingan bu qiymat qiya novdan dumalab tushayotgan sharchaning tezlanishini ifodalaydi.

7. Ushbu tajribani novning qiyaligi uch xil bo'lgan holat uchun bajaring.
8. Natijalarni tahlil qiling va xulosa chiqaring.

1-jadval

t/r	s, m	t_1, s	t_2, s	t_3, s	$a_1, m/s^2$	$a_2, m/s^2$	$a_3, m/s^2$	$a, m/s^2$
Namuna	1,63	6	5	7	0,09	0,13	0,07	0,1
1								
2								
3								

1. Ushbu laboratoriya ishini bajarish uchun qanday jihozlar qo'llaniladi? Ularning har biridan qanday maqsadda foydalaniladi?
2. Nima sababdan vaqt o'lchaganda natija har gal har xil bo'ladi?
3. Tezlanish qaysi formula yordamida qanday hisoblanadi?
4. Novning qiyaligi oshganda nima sababdan tezlanishning qiymati oshib boradi?

13-§. JISMLARNING ERKIN TUSHISHI

Jismning erkin tushishi to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatga yaqqol misol bo'ladi. Jismlarning bunday harakatini Italiya olimi Galileo Galiley (1564–1642) XVI asr oxirida o'rgangan.

Galiley erkin tushayotgan jismning harakati tekis tezlanuvchan harakat ekanligini aniqlagan. U Piza minorasidan jismni tashlab, uning yerga tushish vaqtini va minora balandligini o'lchash orqali tushish tezlanishini hisoblab topgan (42-rasm). Uning hisobiga ko'ra, balandlikdan tashlangan jism $9,81 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan yerga tushadi.



Galileo Galilei

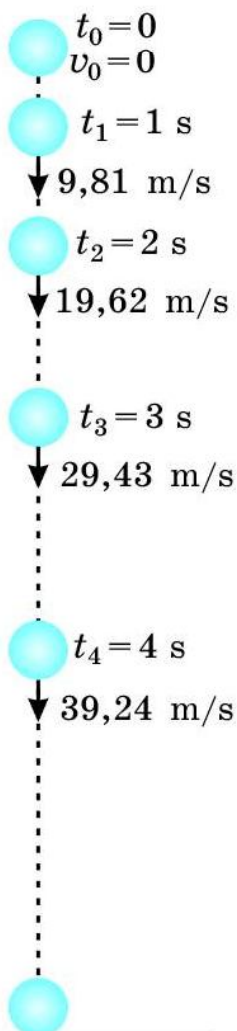
Qo'limizdagi toshni qo'yib yuborsak, u yerga erkin tushadi. Lekin qog'oz parchasini qo'yib yuborsak, u yerga tez tushmaydi. Qog'ozning yerga erkin tushishiga havo qarshilik qiladi. Havo bo'lmaganida qog'oz parchasi ham tosh kabi erkin tushar edi.



Jismning havosiz joyda faqat Yerning tortishi ta'siridagi harakati erkin tushish deb ataladi.



42-rasm. Piza minorasi.



43-rasm. Erkin tushayotgan jismning harakati.

Zichligi katta bo'lgan tosh, metall sharcha kabi jismlarning tushishida havoning qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladi. Ularning tushishini erkin tushish deyish mumkin.

Erkin tushayotgan jismning tezligi bir xil vaqt oralig'ida birday ortib boradi. Masalan, ma'lum bir balandlikdan qo'yib yuborilgan sharcha tekis tezlanuvchan harakat qilib, uning tezligi har sekundda 9,81 m/s ga ortib boradi (43-rasm).



Erkin tushayotgan jismning tezlanishi o'zgar-mas bo'lib, bu kattalik *erkin tushish tezlanishi* deb ataladi va g harfi bilan belgilanadi.

Bunda:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

Erkin tushish tezlanishini taqriban $9,8 \text{ m/s}^2$, ayrim hollarda yaxlitlab 10 m/s^2 ga teng deb olish mumkin.

Erkin tushish tezlanishi vektor kattalik bo'lib, u har doim pastga tik yo'nalgan bo'ladi.

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatga oid barcha formulalarni erkin tushishga qo'llash mumkin. Faqat bunda a tezlanishni g erkin tushish tezlanishi bilan, s yo'lni h balandlik bilan almashtirish kifoya qiladi. Shu tariqa erkin tushishga oid quyidagi formulalarni yozish mumkin:

1. Erkin tushayotgan jismning t vaqtdagi tezligi:

$$v = v_0 + gt; \quad (1) \quad v_0 = 0 \text{ da: } v = gt. \quad (2)$$

2. Erkin tushayotgan jismning o'rtacha tezligi:

$$v_{o'rt} = v_0 + \frac{gt}{2}; \quad (3) \quad v_0 = 0 \text{ da: } v_{o'rt} = \frac{gt}{2}. \quad (4)$$

3. Erkin tushayotgan jismning tushish balandligi:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad (5) \quad v_0 = 0 \text{ da: } h = \frac{gt^2}{2}. \quad (6)$$

Masala yechish namunasi

Jism balandlikdan qo'yib yuborilganda 5 s da yerga tushdi. Jism qanday balandlikdan tashlangan. U yerga qanday tezlik bilan tushgan? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

Berilgan:**Formulasi:****Yechilishi:**

$$t = 5 \text{ s};$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2.$$

Topish kerak:

$$h - ? \quad v - ?$$

$$h = \frac{gt^2}{2};$$

$$v = gt.$$

$$h = \frac{10 \cdot 5^2}{2} \text{ m} = 125 \text{ m};$$

$$v = (10 \cdot 5) \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}.$$

$$\text{Javob: } h = 125 \text{ m}; v = 50 \text{ m/s};$$



Tayanch tushunchalar: erkin tushish, erkin tushish tezlanishi.



1. Jismning erkin tushishi deb nimaga aytiladi?
2. Erkin tushish tezlanishi o'zgarmas kattalik ekanligini asoslab bering.
3. U qanday belgilanadi va qanday qiymatga ega?
4. Erkin tushishga oid asosiy formulalarni yozib bering.



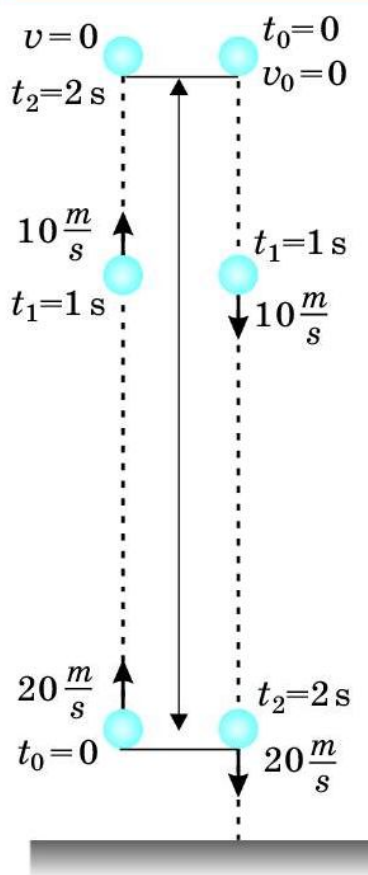
1. Jism ma'lum balandlikdan qo'yib yuborildi. Erkin tushayotgan jism 6 s dan keyingi tezligi qancha bo'lgan? Shu vaqt davomida jism qancha balandlikni bosib o'tgan? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
2. Ma'lum balandlikdan qo'yib yuborilgan jism erkin tushmoqda. U qancha vaqtda 40 m/s tezlikka erishadi? Jism qanday balandlikdan tashlangan?
3. Jism ma'lum balandlikdan 15 m/s tezlik bilan tik pastga otildi. 3 s dan keyin jism qanday tezlikka erishgan? Shu vaqt davomida jism qancha balandlikni bosib o'tgan?

14-§. YUQORIGA TIK OTILGAN JISMNING HARAKATI

Jism yuqoriga tik otilganda, u tekis sekinlanuvchan harakat qiladi. Bunda jismning erkin tushish tezlanishi g o'rniga $-g$ olinadi. U holda $v = v_0 + gt$ formuladan foydalanib yuqoriga tik otilgan jismning ixtiyoriy t vaqtdagi tezligini topish mumkin:

$$v = v_0 - gt.$$

(1)



44-rasm. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati.

(5) formuladan esa yuqoriga tik otilgan jismning ixtiyoriy t vaqtdagi ko'tarilish balandligini aniqlash mumkin:

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

Tajriba ko'rsatishicha, ma'lum bir nuqtadan yuqoriga tik otilgan jism yuqoriga ko'tarilguncha qancha vaqt ketsa, shu nuqtaga qaytib tushguncha shuncha vaqt ketadi. Masalan, jism $v_0 = 20$ m/s tezlik bilan yuqoriga tik otildi, deylik (44-rasm). $g = 10$ m/s² deb olib, quyidagi hisoblashlarni bajaraylik.

Jism eng yuqori balandlikka ko'tarilganda tezligi $v = 0$ bo'ladi. U holda (1) formuladan eng yuqori balandlikka ko'tarilguncha ketgan vaqtni hisoblash mumkin:

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{20}{10} \text{ s} = 2 \text{ s}.$$

(2) formulada $v_0 = 0$ deb olib, jism otilgan nuqtadan qancha balandlikka ko'tarilishini hisoblaylik:

$$h = (20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 2^2}{2}) \text{ m} = 20 \text{ m}.$$

Jism eng yuqori nuqtaga ko'tarilgandan keyin g tezlanish bilan pastga tusha boshlaydi. Pastga tik harakatlanishida jism 2 s davomida qancha masofani bosib o'tishini hisoblaylik:

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ m} = 20 \text{ m}.$$

Demak, jism 2 s dan keyin otilgan nuqtasiga qaytib tushar ekan.

Endi jism qaytib tushishida $t = 2$ s vaqt o'tganda qanday tezlikka erishishini hisoblaylik:

$$v = gt = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ s} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Jism yuqoriga shunday tezlik bilan otilgan edi.



Yuqoriga tik otilgan jism qancha vaqt yuqoriga ko'tarilsa, shuncha vaqtda otilgan nuqtaga qaytib tushadi. Qanday tezlik bilan yuqoriga tik otilgan bo'lsa, qaytib tushishda shu nuqtada shunday tezlikka erishadi.

Masala yechish namunasi

40 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otilgan jismning 3 s dan keyingi tezligi qancha bo'ladi? Shu vaqt davomida jism qancha balandlikka ko'tariladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$v_0 = 40 \text{ m/s};$ $t = 3 \text{ s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$v = v_0 - gt;$ $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$	$v = (40 - 10 \cdot 3) \text{ m/s} = 10 \text{ m/s};$ $h = (40 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 3^2}{2}) \text{ m} = 75 \text{ m}.$
<i>Topish kerak:</i> $v - ? \quad h - ?$		<i>Javob:</i> $v = 10 \text{ m/s}; h = 75 \text{ m}.$

- ?**
1. Yuqoriga tik otilgan jismning t vaqtdan keyingi tezligi qanday ifodalanadi?
 2. Yuqoriga tik otilgan jismning t vaqtdan keyingi balandligi qanday topiladi?
 3. 44-rasmdan yuqoriga tik otilgan jismning harakatini tavsiflab bering.
 4. Olmani 3 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otsangiz uni ilib olishingiz paytida tezligi qancha bo'ladi?

- M9**
1. 25 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otilgan jismning 2 s dan keyingi tezligi qancha bo'ladi? Shu vaqt ichida qancha balandlikka ko'tariladi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
 2. Jism 30 m/s tezlik bilan tik yuqoriga otildi. Jism qanday balandlikka ko'tariladi va qancha vaqtdan keyin otilgan nuqtaga qaytib tushadi?
 3. Jism 40 m/s tezlik bilan tik yuqoriga otildi. 5 s dan keyin jismning tezligi qanday bo'ladi? Shu vaqtda jism qanday balandlikda bo'ladi?

II BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Bu bobda to'g'ri chiziqli tekis harakat, notekis harakat va to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat o'rganildi.
- ◆ To'g'ri chiziqli tekis harakatda jism to'g'ri chiziq bo'ylab ixtiyoriy teng vaqtlar oralig'ida bir xil masofalarni bosib o'tadi.
- ◆ Jismning tekis harakatidagi tezligi: $v = \frac{s}{t}.$
- ◆ Jism notekis harakat qilganda uning o'rtacha tezligi: $v_{o'rt} = \frac{s}{t}.$

- ◆ Tekis o'zgaruvchan harakatda jismning ixtiyoriy teng vaqt oraliqlarida bosib o'tgan masofasi yoki tezligi mos ravishda teng kattaliklarga o'zgarib boradi.
- ◆ Jismning tekis o'zgaruvchan harakatidagi tezlanishi: $a = \frac{v - v_0}{t}$.
- ◆ Tekis o'zgaruvchan harakat qilayotgan jismning ixtiyoriy t vaqtdagi tezligi: $v = v_0 + at$.
- ◆ Jismning tekis o'zgaruvchan harakatidagi o'rtacha tezligi: $v_{o'rt} = \frac{v_0 + v}{2}$.
- ◆ Jismning tekis o'zgaruvchan harakatida bosib o'tgan yo'li: $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$.
- ◆ Balandlikdan tashlangan jism yerga tushayotganda $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qiladi.
- ◆ Erkin tushayotgan jismning ixtiyoriy t vaqtdagi tezligi: $v = v_0 + gt$.
- ◆ Erkin tushayotgan jismning tushish balandligi: $h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$.

II BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. Velosiped tekis harakatlanib 10 minutda 3 km yo'lni bosib o'tdi. Velosipedning tezligini m/s va km/soat birliklarida toping.
2. 80 km/soat tezlik bilan ketayotgan avtomobil 45 minutda qancha yo'lni bosib o'tadi?
3. O'quvchining uyidan maktabgacha bo'lgan masofa 500 m ga teng. O'quvchi 2,5 km/soat tezlik bilan yursa, maktabga necha minutda yetib boradi?
4. Mototsiklning tezligi 72 km/soat, uning harakatiga qarshi esayotgan shamolning tezligi esa 5 m/s. Mototsiklga nisbatan shamol tezligi qancha? Shamol mototsikl harakati yo'nalishida bo'lsa-chi?
5. Ikki poyezd bir-biriga tomon 90 km/soat va 72 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Ikkinchi poyezddagi yo'lovchi birinchi poyezd uning yonidan 6 s davomida o'tganligini aniqladi. Birinchi poyezddagi yo'lovchining yonidan esa ikkinchi poyezd 8 s davomida o'tganligi ma'lum bo'ldi? Har ikki poyezdning uzunligini toping.

6. Qayiqning suvga nisbatan tezligi daryo oqimining tezligidan 3 marta katta. Ikki punkt orasidagi masofani qayiqda oqimga qarshi suzib o'tilmoqchi bo'lindi. Buning uchun oqim bo'yicha o'tishga qaraganda necha marta ko'p vaqt ketadi?
7. Avtomobil dastlabki 10 s da 150 m, keyingi 20 s da 500 m va oxirgi 5 s da 50 m yo'l yurdi. Yo'lning har qaysi qismidagi va butun yo'ldagi o'rtacha tezliklarni km/soat hisobida toping.
8. Poyezd harakatlana boshlagandan keyin 10 s o'tganda 36 km/soat tezlikka erishdi. Shunday tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan poyezd tezligi qancha vaqt o'tgach 72 km/soat ga yetadi?
9. Qiya novdan tinch holatidan boshlab dumalab tushayotgan sharcha birinchi sekundda 8 sm yo'l o'tdi. Sharcha 3 sekund davomida qancha yo'l o'tadi?
10. Avtomobil tinch holatidan 5 m/s^2 tezlanish bilan harakatlana boshlab, 4 s davomida qancha yo'lni bosib o'tadi? Shu vaqtda u qanday tezlikka erishadi?
11. 34-rasmda tasvirlangan $v_0 = 0$ uchun tezlik grafigidan jismning $t = 5 \text{ s}$ da bosib o'tgan yo'lini hisoblang.
12. 35-rasmda tasvirlangan $v_0 > 0$ uchun tezlik grafigidan jismning $t = 9 \text{ s}$ da bosib o'tgan yo'lini hisoblang.
13. Ma'lum balandlikdan qo'yib yuborilgan jism yerga erkin tushmoqda. U qancha vaqtda 80 m/s tezlikka erishadi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
14. Jism ma'lum balandlikdan 5 m/s tezlik bilan pastga tik otildi. 5 s dan keyin jism qanday tezlikka erishadi?
15. Tinch holatda turgan vertolyotdan tashlangan yuk 12 s da yerga tushdi. Yuk qanday balandlikdan tashlangan va u qanday tezlik bilan yerga urilgan? Havoning qarshiligi hisobga olinmasin?



III bob. AYLANMA TEKIS HARAKAT

Siz shu vaqtgacha trayektoriyasi to'g'ri chiziq bo'lgan to'g'ri chiziqli harakatni o'rgandingiz. Trayektoriyasi to'g'ri chiziq bo'lmagan jismning har qanday harakati egri chiziqli harakatdir. Egri chiziqli harakatlarning eng oddiysi – aylanma harakat. Ushbu bobda jismning aylanma tekis harakati bilan tanishasiz.

15-§. JISMNING AYLANMA TEKIS HARAKATI

Aylanma tekis harakat haqida tushuncha

Soat millari uchining harakatini, tekis harakat qilayotgan velosiped yoki avtomobil g'ildiragining harakatini aylanma tekis harakat deyish mumkin.



Agar moddiy nuqta aylana bo'ylab ixtiyoriy teng vaqtlar orasida teng yoylarni bosib o'tsa, bunday harakat aylanma tekis harakat deyiladi.

Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati deganda, aylanma harakat qilayotgan jismning biror nuqtasi ko'zda tutiladi. Masalan, soat milining ma'lum bir nuqtasini, aytaylik, uchini moddiy nuqta deb qarash mumkin. Velosiped yoki avtomobil g'ildiragining o'qidan ma'lum bir uzoqlikdagi nuqtasini ham moddiy nuqta deb olsa bo'ladi. Bunda g'ildirakning aylanma harakati yerga nisbatan emas, balki velosiped yoki avtomobil korpusiga nisbatan qaraladi.

Chiziqli tezlik va burchak tezlik

Jism aylanma harakatda ma'lum Δt vaqt davomida Δs yoyni bosib o'tadi.



Aylanma tekis harakat qilayotgan jismning vaqt birligida bosib o'tgan yoy uzunligi bilan o'lchanadigan kattalik chiziqli tezlik deb ataladi.

Ya'ni:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}. \quad (1)$$

Aylanma tekis harakatda jismning aylanish o'qidan turli uzoqlikdagi nuqtalar ma'lum vaqt orasida turli uzunlikdagi yoyni bosib o'tadi. 45-rasmdan ko'rish mumkinki, ma'lum Δt vaqt ichida jismning A nuqtasi Δs yoyni, A_1 nuqtasi Δs_1 ni, A_2 nuqtasi esa Δs_2 yoyni bosib o'tadi. Bu yoyni uzunligi har xil bo'lgani uchun chiziqli tezlik ham har xildir.

Jism R radiusli aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan bo'lsin (46-rasm). Agar jism biror Δt vaqt ichida A nuqtadan B nuqtaga ko'chsa, aylana markazidan shu A nuqtaga o'tkazilgan R radius $\Delta\varphi$ burchakka buriladi. Bu burchak **burilish burchagi** deyiladi. Aylanayotgan nuqtaning aylana markazidan uzoq-yaqinligidan qat'i nazar, burilish burchagi bir xil bo'ladi.

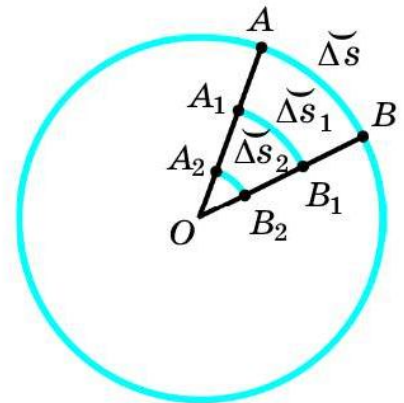
Burilish burchagi radian (rad) yoki gradus ($^\circ$) birligida o'lchanadi.



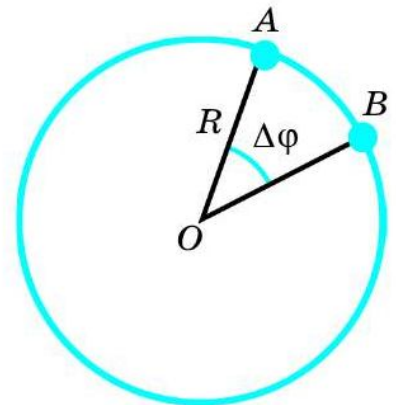
Bir radian shunday burchakki, bunday burchak qarshisidagi yoyning uzunligi shu aylananing radiusiga teng.

Ya'ni: $\Delta s = R$ da $\Delta\varphi = 1$ rad bo'ladi (47-rasm).

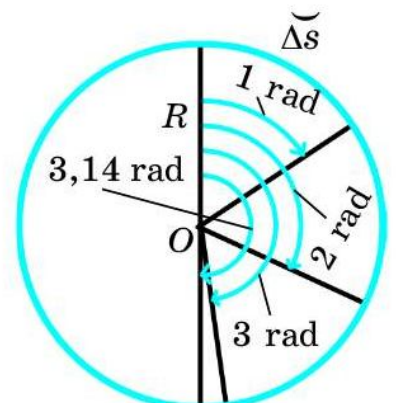
1 radian taqriban 57 gradusni tashkil etadi, ya'ni: $1 \text{ rad} \approx 57^\circ$. 47-rasmdagi R radius 2 radianga burilsa, $\Delta\varphi \approx 114^\circ$, 3 radianga burilsa, $\Delta\varphi \approx 172^\circ$ bo'ladi. R radius yarim aylanaga, ya'ni 180° ga burilganda $\Delta\varphi = 3,14$ rad ni tashkil etadi.



45-rasm. Turli nuqtalarning bosib o'tgan yo'li.



46-rasm. Burilish burchagining hosil bo'lishi.



47-rasm. 1 radianga teng burchakni hosil qilish.

Burilish burchagining radian o'lchovidagi ifodasi quyidagiga teng:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{R}. \quad (2)$$

Aylanma harakatda chiziqli tezlik o'rniga asosan **burchak tezlik** ω qo'llaniladi. Bunda:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \quad (3)$$



Jismning vaqt birligidagi burilish burchagi aylanma harakatning burchak tezligi deb ataladi.

Burchak tezlik skalyar kattalik bo'lib, uning birligi **rad/s** da ifodalanadi. Aylanayotgan jismning barcha nuqtalarida burchak tezlik ω bir xil bo'ladi.

Masala yechish namunasi

Anhordan suv chiqarish uchun charxpalak o'rnatilgan. Uning o'qidan 1,5 m uzoqlikda chelakchalar mahkamlangan. Charxpalak bir marta to'liq aylanishiga 24 s vaqt ketsa, chelakchalarning burilish burchagi, chiziqli tezligi va burchak tezligi qancha bo'ladi?

Berilgan:

$$R = 1,5 \text{ m};$$

$$\Delta t = 24 \text{ s};$$

Topish kerak:

$$\Delta\varphi - ? \quad v - ?$$

$$\omega - ?$$

Formulasi:

$$\Delta\varphi = 2\pi;$$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{R} \text{ dan } \Delta s = \Delta\varphi R;$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}; \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$$

Yechilishi:

$$\Delta\varphi = 2 \cdot 3,14 \text{ rad} = 6,28 \text{ rad};$$

$$\Delta s = 6,28 \cdot 1,5 \text{ m} = 9,42 \text{ m};$$

$$v = \frac{9,42 \text{ m}}{24 \text{ s}} \approx 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$\omega = \frac{6,28 \text{ rad}}{24 \text{ s}} \approx 0,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$$

Javob: $\Delta\varphi = 6,28 \text{ rad}; v \approx 0,4 \text{ m/s}; \omega \approx 0,26 \text{ rad/s}.$



Tayanch tushunchalar: aylanma tekis harakat, chiziqli tezlik, burilish burchagi, radian, gradus, burchak tezlik.



1. Aylanma tekis harakat deb qanday harakatga aytiladi?
2. Yo'lda ketayotgan velosiped yoki avtomobil g'ildiragi harakatini yerga nisbatan aylanma harakat deyish mumkinmi? Nima uchun?
3. Chiziqli tezlik qanday aniqlanadi?
4. Nima uchun aylanma harakatda chiziqli tezlik o'rniga asosan burchak tezlik qo'llaniladi?

5. Bir radian nimaga teng?
6. Burchak tezlik qanday ifodalanadi? Uning ta'rifini aytib bering.
7. 47-rasmda tasvirlangan R radius aylana bo'ylab to'liq bir marta aylansa, burilish burchagi necha radianga teng bo'ladi? Ikki marta aylangan-da-chi?



1. G'ildirak aylanishida 0,1 s davomida 1 rad ga buriladi. G'ildirak o'qidan 5 sm, 10 sm va 15 sm uzoqlikdagi nuqtaning chiziqli tezligini toping. G'ildirak qanday burchak tezlik bilan aylanadi?
2. Velosiped g'ildiragining o'qidan eng uzoq nuqtasi 0,02 s davomida 20 sm yoyni bosib o'tdi. Velosipedning tezligini toping.
3. Soatning 30 mm uzunlikdagi minut mili uchi 10 minutda 30 mm uzunlikdagi yoyni bosib o'tadi. Minut mili uchining chiziqli tezligi, burilish burchagi va burchak tezligini toping.
4. Agar 47-rasmdagi aylananing radiusi 1 m bo'lsa, 1 rad, 2 rad, 3 rad va 3,14 rad burchak qarshisidagi yoy uzunligi har bir hol uchun qancha bo'ladi?
5. Istirohat bog'idagi charxpalak kabinalari aylanish o'qidan 20 m uzoqlikda o'rnatilgan. Charxpalak kabinasi bir marta to'liq aylanishiga 10 minut vaqt ketadi. Kabinaning chiziqli tezligi va burchak tezligi qancha bo'ladi?

16-§. AYLANMA HARAKATNI TAVSIFLAYDIGAN KATTALIKLAR ORASIDAGI MUNOSABATLAR

Chiziqli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi munosabat

Avvalgi mavzu oxiridagi masala yechish namunasida aylanma tekis harakat qilayotgan jismning yo'l formulasi keltirib chiqarilgan edi:

$$\widetilde{\Delta s} = \Delta \varphi R.$$

Bu formulani chiziqli tezlik formulasiga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$v = \frac{\widetilde{\Delta s}}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi R}{\Delta t} = \omega R.$$

Demak, aylanma tekis harakatda chiziqli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi munosabat quyidagicha bo'ladi:

$$v = \omega R. \quad (1)$$

Aylanish davri, chastotasi, chiziqli tezlik va burchak tezlik orasidagi munosabatlar

Aylanma tekis harakatini yanada to'liqroq o'rganish uchun aylanish davri va aylanish chastotasi haqida tushunchaga ega bo'lish kerak.

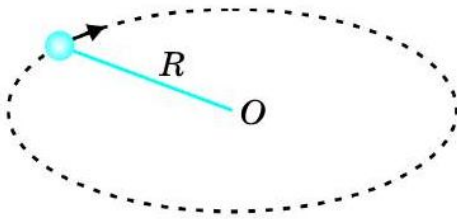


Jismning bir marta aylanishiga ketgan vaqt aylanish davri deyiladi.

Aylanish davri T bilan belgilanadi. Uning asosiy birligi – sekund (s).

Agar jism Δt vaqt ichida n marta aylangan bo'lsa, u holda aylanish davri T quyidagicha aniqlanadi:

$$T = \frac{\Delta t}{n}. \quad (2)$$



48-rasm. Ipga bog'langan sharchaning harakati.

48-rasmda tasvirlangan ipga bog'langan sharcha 8 s da 20 marta aylansa, aylanish davri quyidagicha topiladi:

$$T = \frac{8}{20} \text{ s} = 0,4 \text{ s}.$$



Jismning vaqt birligidagi aylanishlar soni aylanish chastotasi deb ataladi.

Aylanish chastotasi ν bilan belgilanadi. Uning asosiy birligi – 1/s.

Agar jism Δt vaqtda n marta aylangan bo'lsa, u holda aylanish chastotasi ν quyidagicha aniqlanadi:

$$\nu = \frac{n}{\Delta t}. \quad (3)$$

Ipga bog'langan jism 8 s da 20 marta aylansa, aylanish chastotasi quyidagicha topiladi:

$$\nu = \frac{20}{8} \frac{1}{\text{s}} = 2,5 \frac{1}{\text{s}}.$$

Aylanish davri T bilan aylanish chastotasi ν orasidagi munosabat:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ yoki } \nu = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

Aylanish davri T bilan chiziqli tezlik v orasidagi munosabat:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \text{ yoki } v = \frac{2\pi R}{T}. \quad (5)$$

Aylanish davri T bilan burchak tezlik ω orasidagi munosabat:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ yoki } \omega = \frac{2\pi}{T}. \quad (6)$$

Aylanish chastotasi ν bilan chiziqli tezlik v orasidagi munosabat:

$$v = \frac{v}{2\pi R} \text{ yoki } v = 2\pi \nu R. \quad (7)$$

Aylanish chastotasi ν bilan burchak tezlik ω orasidagi munosabat:

$$\omega = \frac{\omega}{2\pi} \text{ yoki } \omega = 2\pi \nu. \quad (8)$$

Masala yechish namunasi

«Neksiya» avtomobili 90 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Agar avtomobil g'ildiragining radiusi 40 sm bo'lsa, g'ildirakning aylanish davri, aylanish chastotasi va burchak tezligini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$v = 90 \text{ km/soat} = 25 \text{ m/s};$ $R = 40 \text{ sm} = 0,4 \text{ m}.$	$T = \frac{2\pi R}{v};$ $\nu = \frac{1}{T};$ $\omega = 2\pi \nu.$	$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4}{25} \text{ s} \approx 0,1 \text{ s}.$ $\nu = \frac{1}{0,1} \frac{1}{\text{s}} = 10 \frac{1}{\text{s}}.$ $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 62,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}.$

Topish kerak:

$T - ? \quad \nu - ? \quad \omega - ?$

Javob: $T \approx 0,1 \text{ s}; \nu = 10 \text{ 1/s}; \omega = 62,8 \text{ rad/s}.$



Tayanch tushunchalar: aylanma tekis harakat qilayotgan jismning bosib o'tgan yo'li, aylanish davri, aylanish chastotasi.



1. Aylanma tekis harakat qilayotgan jismning bosib o'tgan yo'li qanday ifodalanadi?
2. Chiziqli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi munosabat qanday ifodalanadi?
3. Aylanish davri deb nimaga aytiladi?
4. Aylanish chastotasi deb qanday fizik kattalikka aytiladi?

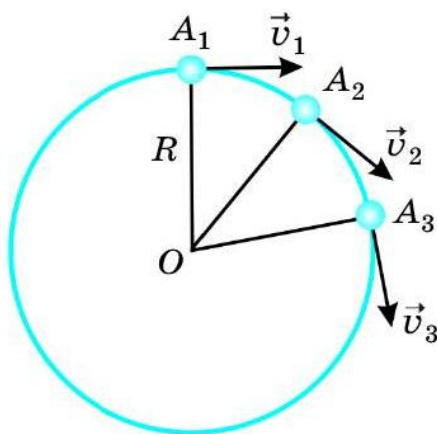
5. Aylanish davri bilan chiziqli tezlik va burchak tezlik orasidagi munosabat qanday ifodalanadi?
6. Aylanish chastotasi bilan chiziqli tezlik va burchak tezlik orasidagi munosabatni ifodalang.

M
11

1. Charxpalak chelakchasi 1 minutda 2 marta aylanadi. Charxpalak o'qidan 1 m uzoqlikka o'rnatilgan chelakchanning chiziqli tezligi va burchak tezligini toping.
2. Charx diski 1 minutda 1 200 marta aylanadi. Charxning aylanish davri, aylanish chastotasi va burchak tezligini toping.
3. Velosiped 10 m/s tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Agar velosiped g'ildiragining radiusi 30 sm bo'lsa, uning aylanish davri, aylanish chastotasi va burchak tezligini toping.
4. Ipga bog'langan sharchaning aylanish chastotasi 4 1/s. Agar ipning uzunligi 25 sm bo'lsa, sharchaning aylanish davri, chiziqli tezligi va burchak tezligini toping.
5. Yer shari ekvatorida turgan jismning chiziqli va burchak tezligini hisoblang. Yerning radiusini 6 400 km ga teng deb oling.

17-§. MARKAZGA INTILMA TEZLANISH

Aylanma tekis harakatda tezlikning yo'nalishi



49-rasm. Aylanma tekis harakatda tezliklarning yo'nalishi.

Sharcha R radiusli aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan bo'lsin. Sharcha o'z harakati davomida Δt vaqt ichida A_1 nuqtadan A_2 nuqtaga, yana shuncha vaqt ichida A_2 nuqtadan A_3 nuqtaga o'tsin (49-rasm).

Sharcha tekis harakat qilayotgani uchun A_1 , A_2 , A_3 nuqtalarda uning tezligi son jihatdan bir xil bo'ladi. Lekin ularning yo'nalishi har xil bo'ladi. Tezliklar 49-rasmda ko'rsatilgandek aylana radiusiga perpendikular, ya'ni aylana yoyiga urinma tarzda yo'nalgan bo'ladi.

Tekis aylanma harakatda tezlik aylana yoyiga urinma tarzda yo'nalganligini pichoq charxlash diskida kuzatish mumkin (50-rasm).

Aylanma tekis harakatda tezlanish

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat qilayotgan jism tezlanishining vektor ko'rinishi quyidagicha ekanligini ko'rgan edik:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (1)$$

49-rasmda tasvirlangan sharchaning harakatida Δt vaqt ichida tezlik vektorlarining ayirmasi $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$ yoki $\vec{v}_3 - \vec{v}_2$ noldan farqli bo'ladi. Demak, aylanma harakatda tezlanish mavjud.

(1) formuladan sharchaning Δt vaqt ichida A_1 nuqtadan A_2 nuqtaga o'tishidagi harakati uchun tezlanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t}. \quad (2)$$

R radiusli aylana bo'ylab v tezlik bilan tekis harakatlanayotgan jismning tezlanish formulasi quyidagicha ifodalanadi:

$$a = \frac{v^2}{R}. \quad (3)$$

Aylanma tekis harakatda tezlanishning yo'nalishi

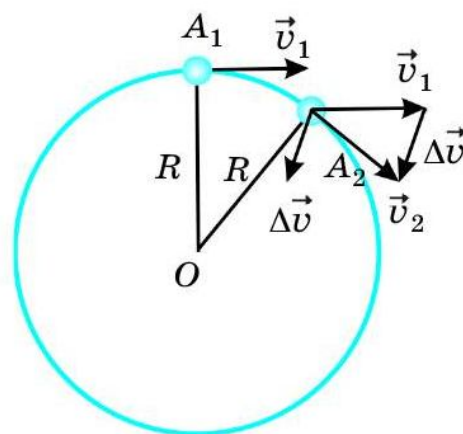
Tekis aylanma harakat qilayotgan sharcha A_1 nuqtadan A_2 nuqtaga o'tganda tezliklar vektori ayirmasi $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ bo'ladi. \vec{v}_2 vektoridan \vec{v}_1 vektorining ayirilishi va ayirma $\Delta\vec{v}$ vektorining yo'nalishi 51-rasmda ko'rsatilgan.

Aylanma tekis harakatda \vec{a} tezlanishning yo'nalishi ayirma vektor $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ ning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Buni (2) formuladan ham bilish mumkin.

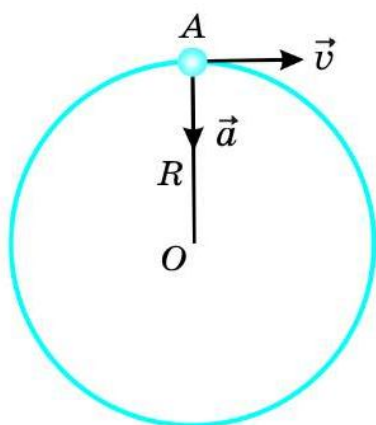
Rasmdagi $\Delta\vec{v}$ vektor boshini A_2 nuqtaga ko'chiraylik. A_2 nuqta A_1 ga qanchalik yaqin bo'lsa, $\Delta\vec{v}$ vektorining yo'nalishi shunchalik aylana markaziga yaqin bo'ladi. A_2 nuqta A_1 nuqtaga nihoyatda yaqin bo'lganda $\Delta\vec{v}$ vektor,



50-rasm. Pichoq charxlashda uchqunlarning urunma harakati.



51-rasm. Aylanma tekis harakatda tezliklar vektori ayirmasi.



52-rasm. Markazga intilma tezlanishning yoʻnalishi.

binobarin, \vec{a} tezlanish R radius boʻylab O markazga yoʻnalgan boʻladi (52-rasm). Shuning uchun ham (3) formuladagi aylanma tekis harakat qilayotgan jismning tezlanishi **markazga intilma tezlanish** deb ataladi.

Masala yechish namunasi

Velosiped radiusi 25 m boʻlgan aylanma yoʻlda 10 m/s tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Uning markazga intilma tezlanishini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$R = 25 \text{ m};$ $v = 10 \text{ m/s}.$	$a = \frac{v^2}{R}.$	$a = \frac{10^2}{25} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$
Topish kerak: $a - ?$		Javob: $a = 4 \text{ m/s}^2.$



Tayanch tushunchalar: aylanma harakatda tezlanish, markazga intilma tezlanish.



1. Aylanma tekis harakatda nima sababdan aylanish markazidan bir xil uzoqlikdagi turli nuqtalarda tezliklar son jihatdan bir xil, yoʻnalishi esa har xil boʻladi?
2. Nima uchun jism toʻgʻri chiziqli tekis harakatda tezlanishga ega emas, aylanma harakatda esa tezlanishga ega?
3. Aylanma tekis harakatda tezlanish formulasi qanday ifodalanadi?
4. 51-rasmdagi tezliklar vektorining ayirilishini tushuntirib bering.
5. Nima uchun aylanma tekis harakatda namoyon boʻladigan tezlanish markazga intilma tezlanish deb ataladi?



1. Uzunligi 25 sm boʻlgan ipga bogʻlangan sharcha 5 m/s chiziqli tezlik bilan aylanmoqda. Sharchaning markazga intilma tezlanishini toping.
2. Avtomobil 90 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Agar avtomobil gʻildiragining radiusi 35 sm boʻlsa, gʻildirak chekasidagi nuqtaning markazga intilma tezlanishini toping.
3. Radiusi 12 sm boʻlgan charx diski 1 minutda 1 200 marta aylanmoqda. Charx aylanish oʻqidan eng uzoq nuqtasining markazga intilma tezlanishini aniqlang.

4. Velosiped 12 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. G'ildirak chekasidagi nuqtaning markazga intilma tezlanishi 250 m/s^2 . Velosiped g'ildiragining radiusi qancha?
5. Ventilator parragining radiusi 15 sm, aylanish chastotasi 20 1/s. Ventilator parragining aylanish davri, chiziqli tezligi, burchak tezligi va parrak uchidagi nuqtaning markazga intilma tezlanishini toping.

III BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Aylanma tekis harakat qilayotgan jism ixtiyoriy teng vaqtlar orasida teng yo'nlarni bosib o'tadi.
- ◆ Aylanma tekis harakat qilayotgan jismning chiziqli tezligi: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$.
- ◆ Aylanma tekis harakat qilayotgan jismning burchak tezligi: $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$.
- ◆ Aylanma tekis harakatda chiziqli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi munosabat: $v = \omega R$.
- ◆ Aylanish davri — jismning bir marta aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt: $T = \frac{\Delta t}{n}$.
- ◆ Aylanish chastotasi — vaqt birligidagi aylanishlar soni: $\nu = \frac{n}{\Delta t}$.
- ◆ Aylanish davri formulalari: $T = \frac{1}{\nu}$, $T = \frac{2\pi R}{v}$, $T = \frac{2\pi}{\omega}$.
- ◆ Aylanish chastotasi formulalari: $\nu = \frac{1}{T}$, $\nu = \frac{v}{2\pi R}$, $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$.
- ◆ R radiusli aylana bo'ylab v chiziqli tezlik bilan tekis harakatlanayotgan jism tezlanishga ega: $a = \frac{v^2}{R}$. Tezlanish \vec{a} aylana markazi tomonga yo'nalgani uchun markazga intilma tezlanish deb ataladi.

III BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. 50 sm li ipga bog'langan sharcha minutiga 36 marta aylanmoqda. Uning aylanish chastotasi, davri, chiziqli va burchak tezliklarini toping.

2. Radiusi 20 sm bo'lgan ventilator parragining uchi 25 m/s chiziqli tezlik bilan aylanmoqda. Ventilator parragining aylanish davri, chastotasi va burchak tezligini toping.
3. Oyning Yer atrofida aylanish chastotasini va chiziqli tezligini toping. Oyning Yer atrofida aylanish davri 27 sutka 7 soat 43 minut. Yer markazidan Oygacha bo'lgan masofani $3,9 \cdot 10^8$ m deb oling.
4. Yerning Quyosh atrofida aylanish chastotasi va chiziqli tezligini toping. Yerning Quyosh atrofida aylanish davri 365 sutka 5 soat 48 minut 46 sekund. Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofani $1,5 \cdot 10^{11}$ m deb oling.
5. Ekvatorda turgan jismning Yer markaziga nisbatan aylanish chastotasini va markazga intilma tezlanishini toping. Yerning radiusini 6 400 km deb oling.
6. Barabanining diametri 12 sm bo'lgan chig'ir yordamida yuk 1 m/s tezlik bilan ko'tarilmoqda. Chig'ir barabanining aylanish chastotasini toping.
7. Poyezd egrilik radiusi 1 000 m bo'lgan burilishda 54 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Poyezdning markazga intilma tezlanishini toping.
8. Avtomobil 90 km/soat tezlik bilan harakatlanganda g'ildiraklarining aylanish chastotasi 10 1/s bo'lsa, g'ildirakning yerga tegadigan nuqtalarining markazga intilma tezlanishi qancha bo'ladi?
9. G'ildiragining diametri 80 sm bo'lgan velosiped 18 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Velosiped g'ildiragining yerga tegadigan nuqtalari chiziqli tezligi, aylanish davri, aylanish chastotasi, burchak tezligi va markazga intilma tezlanishini toping.
10. Diametri 30 sm bo'lgan charx diski minutiga 1 800 marta aylanmoqda. Pichoq charxlanayotgan paytda charx diski sirtidan uchqunlar qanday tezlik bilan uchib chiqmoqda?

DINAMIKA ASOSLARI

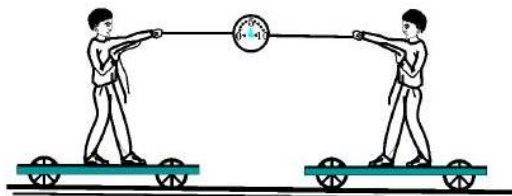
Biz kinematikada jismning harakatini o'rganganda jismga ta'sir qiluvchi kuchlarni e'tiborga olmagan edik. Harakat turlaridan ilgarilanma va aylanma harakatlar haqidagi ma'lumotlarni o'rgandik.

Tekis va o'zgaruvchan harakatlarni ham bilib oldik. Endi kuch ta'siridagi jismlarning harakatini o'rganamiz.

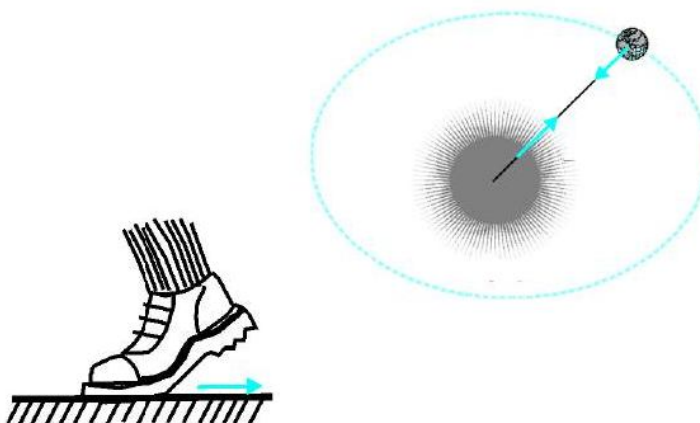
Jismlarning kuch ta'sirida harakatini mexanikaning dinamika bo'limi o'rganadi. Dinamika yunoncha *dynamikas* so'zidan olingan bo'lib, *kuchga oid* degan ma'noni bildiradi.

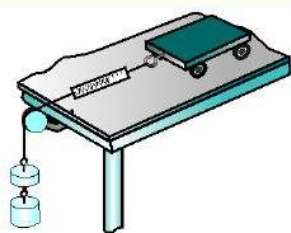


IV bob. HARAKAT QONUNLARI



V bob. TASHQI KUHLAR TA'SIRIDA JISMLARNING HARAKATI





IV bob. HARAKAT QONUNLARI

Dinamikaning asosiy qonunlari uchta bo'lib, ular harakat qonunlari deyiladi. Ingliz olimi **Isaak Nyuton** kashf qilgan harakat qonunlari 1687-yilda e'lon qilingan. Bu qonunlar uning sharafiga Nyuton qonunlari deb ataladi. Nyuton qonunlari insoniyatning ko'p asrlik tajribasi natijalarini umumlashtirish yo'li bilan vujudga kelgan.

18-§. NYUTONNING BIRINCHI QONUNI — INERSIYA QONUNI

Jismning inersiyasi

Jismning inersiyasi haqidagi dastlabki fikr XVII asr boshlarida italyan olimi Galileo Galiley tomonidan aytilgan. Inersiyaning namoyon bo'lishiga har doim duch kelimiz. Masalan, avtobus to'satdan yurib ketsa, uning ichida turgan odam orqaga munkib ketadi. Chunki bu odam o'zining tinch holatini saqlashga intiladi.

Agar harakatdagi avtobus to'satdan tormoz bersa, uning ichida turgan odam oldinga qalqib ketadi. Chunki bu holda odam o'zining harakatdagi holatini saqlashga intiladi.



Jismlarning o'z holatini saqlashga intilishi inersiyaning namoyon bo'lishidir. Barcha jismlar inersiyaga ega.

Inersiya tufayli jismning tezligini to'satdan oshirib yoki kamaytirib bo'lmaydi. Jism holatini o'zgartirish uchun ma'lum vaqt kerak.

Nyutonning birinchi qonuni

Nyuton o'zidan oldin yashab ijod etgan olimlarning xulosalariga, o'zining kuzatish va tajribalari natijalariga asoslanib, inersiya qonunini quyidagicha ta'rifladi:



Har qanday jism unga boshqa jismlar ta'sir qilmaguncha, o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.

Bu qonun *Nyutonning birinchi qonuni* deb ataladi.

Nyutonning birinchi qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin:

1. Tinch holatda turgan jismga boshqa jismlar ta'sir qilmaguncha, u o'zining tinch holatini saqlaydi. Boshqa jismlar ta'sir etgandagina bu jism harakatga kelishi mumkin. Masalan, maydonda tinch turgan to'pga boshqa jism – futbolchining oyog'i ta'sir etmaguncha, u o'zining tinch holatini saqlaydi (53-rasm). To'p tepilsa, ya'ni unga ta'sir etilsa, tinch holati buziladi va harakatga keladi.

Tinch turgan vagonga boshqa jism – teplovoz ta'sir etmaguncha, u joyidan qo'zg'almaydi.

2. Jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa, u o'zining to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi. Masalan, to'p tepilganda u v_0 boshlang'ich tezlik oladi. To'p yerga nisbatan burchak ostida v_0 o'zgarmas tezlik bilan to'g'ri chiziqli harakat qilishi kerak edi. Lekin to'p Yerning tortishish kuchi va havoning qarshiligi ta'sirida egri chiziqli harakat qiladi (54-rasm).

Yo'lda v_0 tezlik bilan ketayotgan avtomobilning motori o'chirilsa, v_0 o'zgarmas tezlik bilan to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom ettirishi kerak edi. Lekin avtomobil g'ildiragining yer bilan ishqalanishi, havoning qarshiligi va boshqa ta'sirlar tufayli uning tezligi kamaya borib, ma'lum masofani bosib o'tadi va to'xtaydi.



Isaak Nyuton



53-rasm. To'p tepilmasa, u tinch holatini saqlaydi.



54-rasm. Tepilgan to'pning harakati.



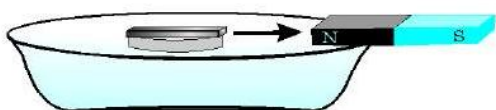
Tayanch tushunchalar: jismning inersiyasi, Nyutonning birinchi qonuni.



1. Galileyning jism inersiyasi haqidagi fikri nimadan iborat?
2. Jism inersiyasi haqida nimalarni bilasiz? Unga misollar keltiring.
3. Nyutonning birinchi qonunini tushuntirib bering.
4. Toshni ma'lum bir tezlik bilan gorizontaal yo'nalishda otganimizda nima uchun u to'g'ri chiziqli tekis harakat qilmaydi?

19-§. JISMLARNING O'ZARO TA'SIRI. KUCH

Jismlarning o'zaro ta'siri



55-rasm. Magnit va temirning o'zaro ta'siri.

Tinch turgan jism boshqa jismlar bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida harakatga keladi. Harakatlanayotgan jism esa o'z harakatini o'zgartiradi.

Tajriba. Ustiga temir bo'lagi qo'yilgan po'kakni idishdagi suv yuziga qo'ying. Agar suv yuzidagi temirga magnitni yaqinlashtirsangiz, temir po'kak bilan birga magnit tomon suza boshlaydi (55-rasm). Temir bo'lagining harakatiga sabab, uning magnit bilan o'zaro ta'sirlashuvidir.

Qo'lingizdagi koptokchani tik yuqoriga otsangiz, u yuqoriga v_0 boshlang'ich tezlik bilan harakatlana boshlaydi. Bunda koptokchaga Siz ta'sir etdingiz. Yuqoriga ko'tarilgan sari Yerning tortishi ta'sirida koptokchanning tezligi kamaya boradi. U ma'lum balandlikka ko'tarilganda tezligi nolga teng bo'ladi va pastga qarab tusha boshlaydi.

Stol ustida tinch turgan kitobni turtib yuborsangiz, u joyidan qo'zg'aladi. Bunda Siz kitobga ta'sir etdingiz. Lekin kitob va stol sirtining ishqalanishi ta'sirida kitobning harakati to'xtaydi.

Kuch

Jismlarning o'zaro ta'siri miqdor jihatidan turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, metall sharchani katta yoshdagi odam yosh bolaga qaraganda uzoqqa uloqtiradi. 100 kg li shtangani har kim ham ko'tara olmaydi. Lekin shtangist uni dast ko'tara oladi.

Jismlarning o'zaro ta'sirini tavsiflash uchun fizik kattalik – **kuch** tushunchasi kiritilgan.



Bir jismga boshqa jismlarning mexanik ta'siri o'lchovini tavsiflovchi fizik kattalik *kuch* deb ataladi.

Mexanik ta'sir jismlarning bir-biriga bevosita tegishi (kontaktda bo'lishi) yoki ularning maydoni orqali sodir bo'ladi. Yerda turgan yukni tortish, itarish yoki ko'tarish, prujinani cho'zish yoki siqish, ipni eshish (burash) kabi holatlarda ta'sir jismlarning bir-biriga bevosita tegishi orqali yuz beradi.

55-rasmda ko'rsatilgan po'kak ustidagi temirga magnit maydon orqali ta'sir etmoqda. Jismlarning Yerga tortilishi esa gravitatsion maydon ta'sirida yuz beradi.

Kuch F harfi bilan belgilanadi va Xalqaro birliklar sistemasida uning birligi qilib **nyuton** (N) qabul qilingan. Amalda kuchni o'lchashda milli-nyuton (mN) va kilonyuton (kN) ham ko'p qo'llaniladi. Bunda:

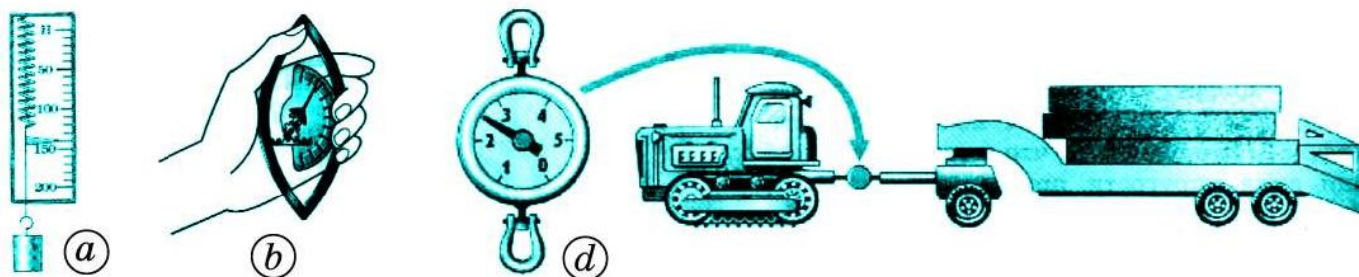
$$1 \text{ N} = 1000 \text{ mN}; \quad 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}.$$

Kuch vektor kattalik bo'lib, u son qiymatidan tashqari yo'nalishi va qo'yilish nuqtasiga ham bog'liq (14-rasm).



Kuch *dinamometr* yordamida o'lchanadi.

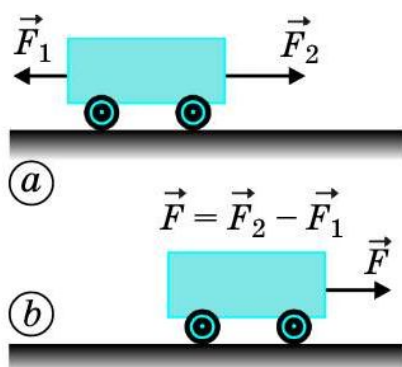
Dinamometrlar qo'llanilish maqsadiga ko'ra turlicha bo'ladi. Ulardan ayrimlari 56-rasmda tasvirlangan.



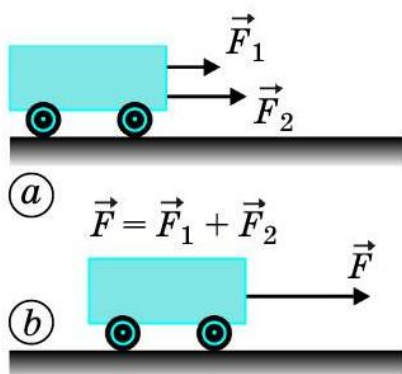
56-rasm. Eng oddiy (a), qo'l panjasi kuchini o'lchaydigan (b) va katta kuchlarni o'lchaydigan (d) dinamometrlar.

Kuchlarni qo'shish

Agar biror jismga bir nechta kuch ta'sir etayotgan bo'lsa, ularning yig'indisi quyidagicha aniqlanadi. Masalan, aravachaga bir to'g'ri chiziqli bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda $F_1 = 3 \text{ N}$ va $F_2 = 5 \text{ N}$ kuchlar ta'sir



57-rasm. Qarama-qarshi yoʻnalgan kuchlar (a) va ularning yigʻindisi (b).



58-rasm. Bir tomonga yoʻnalgan kuchlar (a) va ularning yigʻindisi (b).

etayotgan boʻlsin (57-a rasm). Bu kuchlarning yigʻindisi $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ miqdor jihatdan 8 N emas, balki 2 N ga teng boʻladi. Aravacha shu $|\vec{F}| = 2$ N kuch taʼsirida oʻng tomonga harakatlanadi (57-b rasm).

Endi ikkala kuch bir tomonga yoʻnalgan boʻlsin (58-a rasm). Bunday holda ikkala kuchning kattaligi toʻgʻridan toʻgʻri qoʻshiladi. Natijaviy kuch $|\vec{F}| = 8$ N boʻlib, aravacha shu kuch taʼsirida oʻng tomonga harakatlanadi (58-b rasm).

Bir toʻgʻri chiziq boʻylab ikki emas, balki undan ortiq kuchlar taʼsir etsa, natijaviy kuch har bir kuchning yoʻnalishiga qarab, ularning kattaliklari qoʻshiladi yoki ayiriladi.



Tayanch tushunchalar: jismlarning oʻzaro taʼsiri, kuch, kuchning birligi – nyuton.



1. Jismlarning oʻzaro taʼsiri deganda nimani tushunasiz?
2. Kuch deb nimaga aytiladi va qanday birliklarda oʻlchanadi?
3. Dinamometrning tuzilishi va ishlashini tushuntirib bering.
4. Bir toʻgʻri chiziqda yotgan kuchlar yigʻindisi qanday hisoblanadi?

20-§. JISM MASSASI

Jismlarning inertligi

Tajriba. Elastik plastinka mahkamlangan aravachani va xuddi shunday ikkinchi aravachani 59-rasmda koʻrsatilganidek stol ustiga qoʻyaylik. Bukilgan plastinkani tortib turgan ipni kuydirib yuborsak, elastik plastinka ikkala aravachaga bir xil taʼsir etib, ularni ikki tomonga itarib yuboradi.

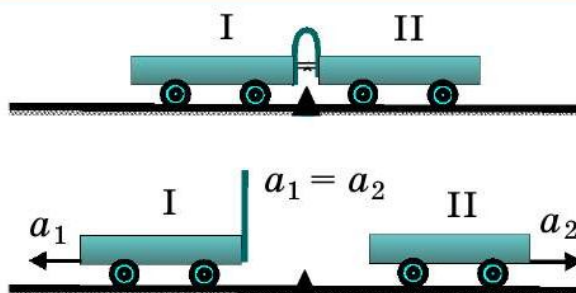
Bunda ikkala aravacha bir xil tezlanish oladi, ya'ni:

$$a_1 = a_2.$$

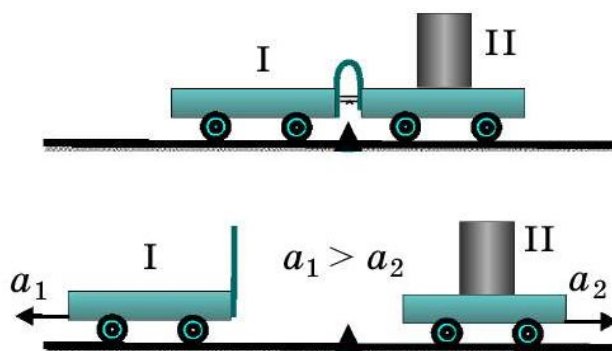
Endi ikkinchi aravacha ustiga yuk qo'yib, yuqoridagi tajribani qaytaraylik (60-rasm). Lekin bu holda birinchi aravacha olgan tezlanishi ikkinchisiga nisbatan katta bo'ladi, ya'ni:

$$a_1 > a_2.$$

60-rasmdagi ikkinchi aravachaning ustiga qo'yilgan yuk miqdori qancha katta bo'lsa, uning olgan tezlanishi shuncha kichik bo'ladi. Ya'ni yuk qancha katta bo'lsa, uning tinchlik holatini o'zgartirish shuncha qiyin bo'ladi. Yuk katta bo'lganda jismning tinch yoki harakatdagi holatini saqlashga urinish qobiliyati katta bo'ladi.



59-rasm. Inertligi bir xil bo'lgan aravachalarning harakati.



60-rasm. Inertligi har xil bo'lgan aravachalarning harakati.



Jismga ta'sir etuvchi kuch bo'lmaganda uning tinchlikdagi yoki harakatdagi o'z holatini saqlash xossasini *inertlik* tavsiflaydi.

Jismga kuch ta'sir qilganda, shu jism inetrligining katta yoki kichikligi namoyon bo'ladi. Darhaqiqat, gantelni shtangaga nisbatan ko'tarish, ya'ni harakatga keltirish oson. Chunki gantelning inertligi shtanganikiga nisbatan kichik. O'yinchoq mashinani qo'limiz bilan itarib yuborsak, u harakatlanadi. Lekin rostmana mashinani itarib yurgizish qiyin. Chunki rostmana mashinaning inertligi kattadir. Poyezdning inertligi har qanday mashina inertligidan katta. Shuning uchun poyezdni joyidan qo'zg'atib tezligini oshirish va, aksincha, u harakatda bo'lsa, to'xtatish qiyin. Katta tezlikda ketayotgan poyezdning to'xtashi uchun katta kuch va vaqt kerak bo'ladi.



Jismning inertligi gancha katta bo'lsa, uning tinch holatini yoki harakatdagi holatini o'zgartirish shuncha qiyin bo'ladi.

Massa

Barcha jismlar inertlik xossasiga egadir. Yuqoridagi misollardan ko‘rinadiki, jismlarning inertligi turlicha miqdorda bo‘ladi. Jismlarning inertligini taqqoslash uchun maxsus kattalik qabul qilingan.



Jismning inertlik xossasini tavsiflaydigan fizik kattalik *massa* deb ataladi va m harfi bilan belgilanadi. Massa so‘zi lotinchadan «bo‘lak», «parcha» degan ma‘noni bildiradi.

Jismning inertligi qancha katta bo‘lsa, massa ham shuncha katta bo‘ladi. 60-rasmdagi tajribada yuk qo‘yilgan ikkinchi aravachaning massasi birinchi aravacha massasiga nisbatan katta. Shtanganing massasi gantelning massasidan, rostmana mashinaning massasi o‘yinchoq mashinaning massasidan, poyezdning massasi har qanday mashinaning massasidan ko‘p marta katta.

Xalqaro birliklar sistemasida massaning birligi qilib **kilogramm** (kg) qabul qilingan.



Temperaturasi 4°C bo‘lgan 1 dm^3 (1 litr) hajmdagi sof (distillangan) suvning massasi 1 kg ga teng.

Kilogrammning etaloni qilib platina va iridiy metallari qotishmasidan silindr shaklida tayyorlangan 1 kg massali jism qabul qilingan. Uning asl nusxasi Parij yaqinidagi Sevr shaharchasida Xalqaro o‘lchovlar byurosida saqlanadi.

Jism massasi gram (g), sentner (sr), tonna (t) kabi birliklarda ham o‘lchanishini bilasiz.

Jismlar massasini shayinli va boshqa turli tarozilar yordamida o‘lchash mumkin.

Jismlar sistemasining massasi

Massa skalyar kattalikdir. Bir nechta jismning umumiy massasini topish uchun har qaysi jism massasi to‘g‘ridan to‘g‘ri qo‘shiladi. Masalan, qaralayotgan sistemada m_1 va m_2 massali ikkita jism mavjud bo‘lsin. Bu jismlar sistemasining massasi $m = m_1 + m_2$ ga teng bo‘ladi. Agar sistema

$m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ massali n ta jismdan tashkil topgan bo'lsa, sistemaning massasi shu jismlar massalarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n.$$

Ushbu xossaga ko'ra, massa modda miqdorining o'lchovi vazifasini bajaradi.



Tayanch tushunchalar: jismlarning inertligi, massa, jismlar sistemasining massasi.



1. Jism inertligi deb nimaga aytiladi? Uni misollar orqali tushuntirib bering.
2. Massa deb nimaga aytiladi va qanday belgilanadi?
3. Xalqaro birliklar sistemasida massa birligi qilib qanday birlik qabul qilingan? Massa yana qanday birliklarda o'lchanadi?
4. Jismlar sistemasining umumiy massasi qanday hisoblanadi?
5. Sizning inertligingiz otangiz yoki onangiz inertligidan kattami yoki kichikmi? Massangizchi?

21-§. NYUTONNING IKKINCHI QONUNI

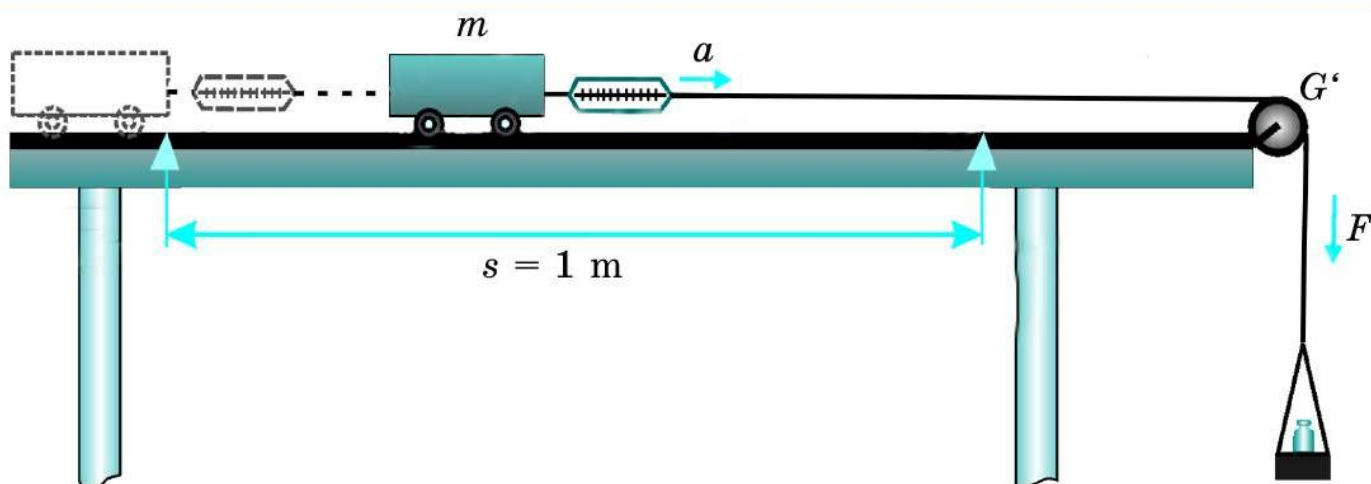
Tezlanish va kuch orasidagi munosabat

a tezlanish bilan to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat qilayotgan jismning t vaqtda bosib o'tgan yo'li $s = at^2/2$ ko'rinishda ifodalanishini bilasiz. Bu formuladan jismning tezlanishini topish mumkin:

$$a = \frac{2s}{t^2}. \quad (1)$$

Agar jismga kuch ta'sir etsa, uning tezligi o'zgaradi, ya'ni tezlanishga ega bo'ladi. Tezlanishning ta'sir etuvchi kuchga qanday bog'liqligini aniqlash uchun quyidagi tajribani o'tkazaylik.

1-tajriba. Gorizontal stol ustida harakatlanadigan m massali aravacha olaylik. Aravachaga D dinamometr mahkamlangan bo'lib, dinamometrning ikkinchi uchiga G g'altakdan o'tkazilgan ipning bir uchi bog'langan. Ipning g'altakdan oshib tushgan ikkinchi uchiga esa pallacha osilgan. Aravachaga ta'sir etayotgan F kuchni dinamometrning ko'rsatishlariga qarab aniqlash mumkin (61-rasm).



61-rasm. m massali aravachaga F kuch ta'sir etganda uning olgan tezlanishi.

1. Pallachaga shunday yuk qo'yaylikki, aravacha ushlab turilganda dinamometrning ko'rsatishi, masalan, $F_1 = 0,1$ N bo'lsin. Aravachani $s = 1$ m masofadan qo'yib yuborsak, u bu yo'lni $t_1 = 4,5$ s da bosib o'tgan bo'lsin. Bu holda (1) formuladan aravacha olgan tezlanish $a_1 = 0,1$ m/s² bo'ladi.

2. Pallachadagi yuk massasini oshirib, aravachaga ta'sir etayotgan kuchni $F_2 = 0,2$ N qilib olaylik. Bu holda 1 m yo'lni aravacha $t_2 = 3$ s da bosib o'tganligini aniqlash mumkin. Bunda aravachaning olgan tezlanishi $a_2 = 0,2$ m/s² bo'ladi.

3. Kuch $F_3 = 0,3$ N qilib olinganda, 1 m yo'lni aravacha $t_3 = 2,5$ s da bosib o'tadi. Uning olgan tezlanishi $a_3 = 0,3$ m/s² bo'ladi.

Tajriba natijalaridan ko'rinadiki, aravachaga ta'sir etayotgan F kuch necha marta ortsa, uning olgan a tezlanishi ham shuncha marta ortadi, ya'ni:

$$a \sim F. \quad (2)$$



O'zgarmas massali jismning tezlanishi ta'sir qiluvchi kuchga to'g'ri proporsional.

2-tajriba. Bu tajribada aravachaga ta'sir etuvchi kuchni o'zgarmas ($F_1 = 0,1$ N) qoldirib, aravachaning massasini o'zgartirib boraylik.

1. Aravachaning massasi $m_1 = 1$ kg bo'lsin. Aravacha $s = 1$ m yo'lni $t_1 = 4,5$ s da bosib o'tadi. Bu holda aravachaning tezlanishi 1-tajribadagidek $a_1 = 0,1$ m/s² bo'ladi.

2. Aravacha ustiga xuddi shunday boshqa aravachani to'ntkarib qo'yaylik. Bunda aravacha massasi $m_2 = 2$ kg bo'ladi. Aravacha 1 m yo'lni $t_2 = 6,5$ s da bosib o'tishini o'lchash mumkin. Bu holda tezlanish $a_2 = 0,05$ m/s² bo'lishini hisoblash mumkin.

3. Aravachaning ustiga ikkita aravacha qo'yib, uning massasini $m_3 = 3$ kg ga yetkazamiz. Bu holda aravacha 1 m yo'lni $t_3 = 7,8$ s da bosib o'tadi. Tezlanish $a_3 = 0,033$ m/s² ga teng bo'ladi.

Tajriba natijalaridan ko'rinadiki, aravachaning massasi m qancha marta ortsa, uning olgan a tezlanishi shuncha marta kamayadi, ya'ni:

$$a \sim \frac{1}{m}. \quad (3)$$



O'zgarmas kuch ta'sirida jismning olgan tezlanishi jism massasiga teskari proporsional.

Nyutonning ikkinchi qonuni formulasi va ta'rifi

O'tkazilgan tajribalarning natijalari a tezlanish, F kuch va m massa orasidagi munosabatni aniqlashga imkon beradi:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (4)$$

Bu – Nyutonning ikkinchi qonuni formulasi. U quyidagicha ta'riflanadi:



Jismning boshqa jismlar bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida olgan tezlanishi unga ta'sir qilayotgan kuchga to'g'ri proporsional, shu jismning massasiga teskari proporsionaldir.

Nyutonning ikkinchi qonunini quyidagicha ifodalash ham mumkin:

$$F = ma. \quad (5)$$

Xalqaro birliklar sistemasida kuch birligi qilib nyuton (N) qabul qilinganini bilasiz. (5) formuladan:

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



1 N – bu 1 kg massali jismga 1 m/s² tezlanish beradigan kuchdir.

Nyutonning ikkinchi qonuni formulasi vektor ko‘rinishda quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (6)$$

Masala yechish namunasi

Massasi 50 g bo‘lgan xokkey shaybasi muz ustida turibdi. Agar xokkeychi uni 100 N kuch bilan ursa, shayba qanday tezlanish oladi?

Berilgan:

$$m = 50 \text{ g} = 0,05 \text{ kg};$$

$$F = 100 \text{ N}.$$

Topish kerak:

$$a - ?$$

Formulasi:

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

Yechilishi:

$$a = \frac{100 \text{ N}}{0,05 \text{ s}^2} = 2\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$\text{Javob: } a = 2\,000 \text{ m/s}^2.$$



Tayanch tushunchalar: Nyutonning ikkinchi qonuni.



- 1-tajribani tushuntirib bering.
- Jism massasi o‘zgarmas bo‘lganda uning olgan tezlanishi bilan ta’sir qiluvchi kuch orasida qanday munosabat namoyon bo‘ladi?
- 2-tajribani tushuntirib bering.
- O‘zgarmas kuch ta’sirida jismning olgan tezlanishi bilan massasi orasida qanday munosabat namoyon bo‘ladi?
- Nyutonning ikkinchi qonuni qanday ifodalanadi va ta’riflanadi?
- Kuch birligining fizik ma’nosini tushuntiring.



- 1-tajribadagi aravachaning massasi 1 kg. Unga 1-holda 0,1 N, 2-holda 0,2 N, 3-holda 0,3 N kuch ta’sir etgan. Har qaysi hol uchun aravacha tezlanishini toping va xulosa chiqaring.
- 2-tajribadagi aravachaga har gal 0,1 N kuch ta’sir etgan. Aravachaning 1-holdagi massasi 1 kg, 2-holdagisi – 2 kg, 3-holdagisi – 3 kg. Har bir hol uchun aravachaning tezlanishini toping va xulosa chiqaring.
- Massasi 50 g bo‘lgan jism yerga erkin tushmoqda. Jismga ta’sir etayotgan kuchni toping. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
- Gorizontal sirtida turgan aravachaga harakat yo‘nalishida 0,1 N kuch ta’sir etmoqda. Agar aravacha $0,2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, uning massasini toping.



Yuqoridagi mavzuda keltirilgan tajribalar asosida “Jism tezlanishining massasiga va qo‘yilgan kuchga bog‘liqligini o‘rganish” mavzusi bo‘yicha laborotoriya ishi bajariladi.

22-§. NYUTONNING UCHINCHI QONUNI

Tajribalar tahlili

Tabiatda hech qachon bir jismning ikkinchi jismga ta'siri bir tomonlama bo'lmaydi. Bir jism ikkinchi jismga ta'sir etsa, ikkinchi jism ham birinchi jismga ta'sir ko'rsatadi.

20-§ da o'tkazilgan tajribani yana bir bor tahlil qilib ko'raylik. 59-rasmda tasvirlangan aravachalarning massalari o'zaro teng, ya'ni $m_1 = m_2$. Birinchi aravachadagi egilgan plastinka ipi kuydirib yuborilsa, ikkala aravacha ikki tomonga bir xil tezlanish ($a_1 = a_2$) bilan harakat qila boshlaydi. Bu demakki, ikkala aravachaga bir xil kattalikda, lekin qarama-qarshi yo'nalgan F_1 va F_2 kuchlar ta'sir etadi.

O'zaro ta'sir etuvchi jismlarning massalari turlicha bo'lganda ham bu kuchlar miqdor jihatdan bir-biriga teng bo'ladi. Bunga ishonch hosil qilish uchun 60-rasmda tasvirlangan tajribani ham yana bir bor ko'rib chiqaylik. Unda ikkinchi aravacha ustiga yuk qo'yish bilan uning massasi oshirilgan va $m_2 > m_1$ qilib olingan. Birinchi aravachadagi ip kuydirib yuborilganda ikkala aravacha ikki tomonga harakatlana boshlagan. Lekin bu gal birinchi aravachaning tezlanishi ikkinchi aravachaning tezlanishidan katta, ya'ni $a_1 > a_2$ bo'lgan. Ikkinchi aravachaning massasi birinchisidan qancha marta katta bo'lsa, uning tezlanishi birinchi aravachanikidan shuncha marta kichik bo'ladi. Lekin har bir aravacha massasining olgan tezlanishiga ko'paytmasi o'zaro teng bo'laveradi, ya'ni $m_1 a_1 = m_2 a_2$. Bu demakki, massalari turlicha bo'lishidan qat'i nazar, aravachalarning bir-biriga ta'sir kuchlari kattalik jihatdan bir xil bo'ladi, ya'ni:

$$F_1 = F_2. \quad (1)$$

Nyutonning uchinchi qonuni formulasi va ta'rifi

59- va 60-rasmlar tasvirlangan aravachalarga ta'sir etayotgan kuchlar o'zaro teng bo'lsa-da, ular bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan. Shuning uchun aravachalarga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor ko'rinishidagi munosabati quyidagicha ifodalanadi:

$$\boxed{\vec{F}_1 = -\vec{F}_2}, \quad (2)$$

bunda minus ishora F_2 kuch F_1 kuchga qarama-qarshi yoʻnalganligini bildiradi.

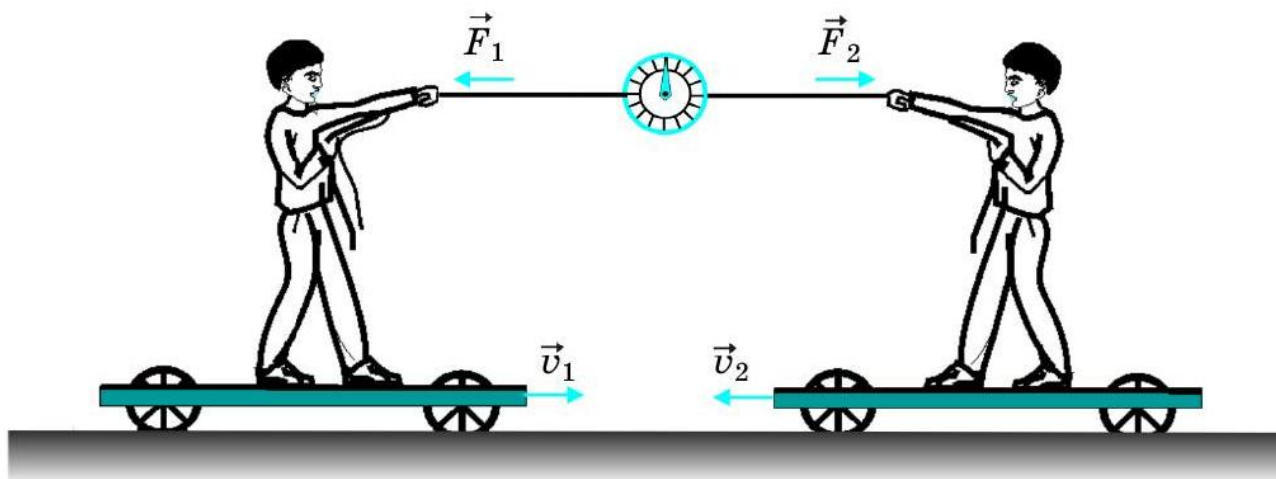


Oʻzaro taʼsirlashuvchi ikki jism bir-biriga miqdor jihatdan teng va bir toʻgʻri chiziq boʻyicha qarama-qarshi tomonlarga yoʻnalgan kuchlar bilan taʼsirlashadi.

Bu qonun *Nyutonning uchinchi qonuni* deb ataladi.

Oʻzaro taʼsirlashuvchi ikki kuchdan biri taʼsir kuchi, ikkinchisi esa aks taʼsir kuchi deyiladi. Nyutonning uchinchi qonuni esa *aks taʼsir qonuni* deb ham yuritiladi.

Aks taʼsir qonunining namoyon boʻlishiga koʻp misollar keltirish mumkin. Masalan, rolik ustida arqon bilan bir-birini tortayotgan ikki boladan biri ikkinchisini qanday kuch bilan tortsa, oʻzi ham ikkinchi bolaga shuncha aks taʼsir kuchi bilan tortiladi (62-rasm).



62-rasm. Aks taʼsir kuchining namoyon boʻlishi.

Stol ustida turgan kitob stolga qanday kuch bilan taʼsir etib turgan boʻlsa, stol ham kitobga shunday kuch bilan aks taʼsir etib turadi.

Uchlari tayanchga qoʻyilgan taxta ustida turgan bola taxtaga oʻz ogʻirligi bilan taʼsir etib, uni egadi. Oʻz navbatida taxta bolaga ham xuddi shunday kattalikdagi kuch bilan taʼsir etadi. Bolaning ogʻirligi pastga yoʻnalgan boʻlsa, taxtaning bolaga aks taʼsir kuchi yuqoriga yoʻnalgandir.

Musht bilan stol ustiga qanday kuch bilan ursangiz, stol ham mushtingizga shunday kuch bilan aks taʼsir qiladi. Devorni 300 N kuch bilan itarsangiz, devor ham Sizga 300 N kuch bilan aks taʼsir etadi.

Nyutonning uchinchi qonunidan kelib chiqadigan xulosalar

Kuchlarning $F_1 = m_1 a_1$ va $F_2 = m_2 a_2$ ifodalarini Nyutonning uchinchi qonuni formulasiga qo'yib, quyidagilarni olamiz:

$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \quad \text{yoki} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (3)$$



Jismlarning o'zaro ta'siri vaqtida olgan tezlanishlari jismlarning massalariga teskari proporsional bo'lib, ular o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan.

Bunga 60-rasmda tasvirlangan massalari turlicha bo'lgan aravachalar harakatini misol tariqasida keltirish mumkin.

O'zaro ta'sirda jismlarning olgan tezlanishlari $a_1 = v_1/t$ va $a_2 = v_2/t$ ekanligini hisobga olsak, (3) dan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (4)$$



Jismlarning o'zaro ta'siri tufayli olgan tezliklari jismlarning massalariga teskari proporsional bo'lib, ular o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan.

Masalan, bola tinch turgan qayiqdan qirg'oqqa sakraganda qayiqning harakat yo'nalishi bolaning yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Qayiqning massasi bolaning massasidan qancha marta katta bo'lsa, uning olgan tezligi bolaning tezligidan shuncha marta kichik bo'ladi.

Masala yechish namunasi

Massasi 50 kg bo'lgan bola qayiqdan qirg'oqqa sakrab, 0,5 s ichida 10 m/s tezlik oldi. Agar qayiqning massasi 200 kg bo'lsa, shu vaqt ichida qayiq qanday tezlik oladi? Shu vaqtda bola va qayiq qanday tezlanish oladi?

Berilgan:

$$\begin{aligned} m_1 &= 50 \text{ kg;} \\ m_2 &= 200 \text{ kg;} \\ v_1 &= 10 \text{ m/s;} \\ t &= 0,5 \text{ s.} \end{aligned}$$

Topish kerak:

$$\begin{aligned} v_2 &= ? \quad a_1 = ? \\ a_2 &= ? \end{aligned}$$

Formulasi:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad \text{dan} \quad v_2 = v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2};$$

$$a_1 = \frac{v_1}{t};$$

$$a_2 = \frac{v_2}{t}.$$

Yechilishi:

$$v_2 = 10 \cdot \frac{50}{200} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$a_1 = \frac{10}{0,5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

$$a_2 = \frac{2,5}{0,5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Javob: $v_2 = 2,5 \text{ m/s}; a_1 = 20 \text{ m/s}^2; a_2 = 5 \text{ m/s}^2.$



Tayanch tushunchalar: Nyutonning uchinchi qonuni, aks ta'sir kuchi, aks ta'sir qonuni.



1. Nyutonning uchinchi qonuni formulasi qanday ifodalanadi?
2. Nyutonning uchinchi qonuni qanday ta'riflanadi?
3. Nyutonning uchinchi qonuni nima sababdan aks ta'sir qonuni deb ham ataladi?
4. 62-rasmda tasvirlangan tajribani tushuntirib bering.
5. Nyutonning uchinchi qonuni bo'yicha tezlanishlar bilan jism massalari orasidagi munosabat qanday ifodalanadi va ta'riflanadi?



1. Agar 62-rasmdagi ikkala bolaning massasi bir xil bo'lib, arqonni faqat birinchi bola tortsa, ularga ta'sir etayotgan kuchlar va olgan tezliklar qanday munosabatda bo'ladi?
2. 62-rasmdagi birinchi bolaning aravacha bilan birgalikdagi massasi 50 kg, ikkinchi bolaning aravacha bilan birgalikdagi massasi esa 56 kg ga teng bo'lsin. Agar birinchi bola ikkinchi bolani 40 N kuch bilan tortsa, ikkinchi bola birinchi bolani qancha kuch bilan tortgan bo'ladi? Har qaysi aravacha qanday tezlanish oladi? Qaysi aravachaning olgan tezligi katta bo'ladi?
3. Aravachada turgan bola devorga mahkamlangan arqonni 80 N kuch bilan tortganda aravacha 1 s ichida 2 m/s tezlik oldi. Aravacha qanday tezlanish olganligini va bolaning aravacha bilan birgalikdagi massasini toping.
4. Tinch turgan jismga 5 N kuch ta'sir etganda 1 m/s² tezlanish oldi. Shu jism 4 m/s² tezlanish olishi uchun unga qanday kattalikdagi kuch ta'sir etishi kerak?

23-§. HAKAKAT QONUNLARINING AYLANMA HAKAKATGA TATBIQI

Markazga intilma kuch

Aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan jism tezlanishga ega. Bunday tezlanishni markazga intilma tezlanish (a_i) deb atagan edik. R radusli ipga

bog'langan m massali sharcha v chiziqli tezlik bilan aylansa, sharchaning olgan a_i tezlanishi quyidagicha ifodalanishini bilasiz:

$$a_i = \frac{v^2}{R}. \quad (1)$$

Jism harakatidagi tezlanishni kuch yuzaga keltiradi. Aylanma harakatda tezlanishni qanday kuch sodir qiladi?

Aylanma harakatda tezlanish jismning aylanish markaziga yo'nalganligini bilasiz. Aylanma harakatda jismga ta'sir etayotgan kuch ham tezlanish yo'nalishida, ya'ni aylanish markaziga intilgan bo'ladi. Shuning uchun bu kuch **markazga intilma kuch** deb ataladi va uni F_i bilan belgilaymiz. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan $F_i = ma_i$ ekanligidan:

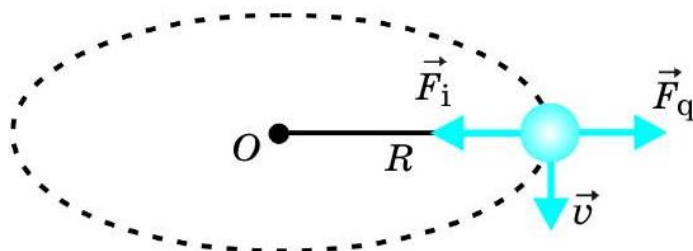
$$F_i = \frac{mv^2}{R}. \quad (2)$$



Jismga ta'sir etayotgan markazga intilma kuch jismning massasiga va chiziqli tezligi kvadratiga to'g'ri proporsional, aylanish radiusiga esa teskari proporsionaldir.

Ipga bog'langan sharchani aylan-tirganimizda biz unga ip orqali ta'sir etamiz (63-rasm). Ip orqali sharchani F_i kuch bilan markazga tortib turamiz.

Sharchaning chiziqli tezligi v aylanaga urinma, ya'ni markazga intilma kuchga perpendikular ravishda yo'nalgan bo'ladi.



63-rasm. Aylanma harakatda sharchaga ta'sir etayotgan kuchlar.

Markazdan qochma kuch

Nyutonning uchinchi qonuni aylanma harakat uchun ham o'rinlidir. Aylanma harakat qilayotgan sharchaga ta'sir etayotgan markazga intilma kuchga miqdor jihatdan teng va unga qarama-qarshi yo'nalgan kuch mavjud. Bu kuch **markazdan qochma kuch** deb ataladi.

Markazdan qochma kuch F_q markazga intilma kuch F_i kabi quyidagicha ifodalanadi:

$$F_q = \frac{mv^2}{R}. \quad (3)$$

Markazdan qochma kuch formulasi markazga intilma kuch formulasi bilan bir xil, lekin ular qarama-qarshi yoʻnalgan boʻladi. Yaʼni:

$$\vec{F}_i = -\vec{F}_q. \quad (4)$$

Chelakchaning yarmigacha suv solib, uni boshimiz uzra aylantirganimizda suv toʻkilmaydi. Markazdan qochma kuch tufayli aylanayotgan suv aylana markazidan qochishga harakat qiladi.

Markazdan qochma kuchning mavjudligidan turmushda foydalaniladi. Masalan, yuvilgan kiyim maxsus quritish barabaniga solinadi. Baraban katta tezlik bilan aylanganda, uning toʻr shaklidagi devorlaridan markazdan qochma kuch taʼsirida kiyimdagi suv zarrachalari otilib chiqadi. Shu tariqa kiyimdan suv ajratib olinadi va, natijada, kiyim quriydi.

Sut separatori yordamida sutdan qaymogʻi ajratib olinadi. Bunda separator barabani katta tezlikda aylanishi natijasida uning ichidagi sut ikki qismga ajraladi. Markazdan qochma kuch taʼsirida yogʻsiz sut chiqib ketadi va maxsus idishga yigʻiladi. Baraban markazida esa yogʻli yengil sut (qaymoq) qoladi.

Masala yechish namunasi

Massasi 100 g boʻlgan sharcha 50 sm uzunlikdagi ipga bogʻlab aylantirilmoqda. Aylanish davri 0,5 s boʻlsa, sharchaning chiziqli tezligini va unga taʼsir etayotgan markazdan qochma kuchni toping.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg};$ $R = 50 \text{ sm} = 0,5 \text{ m};$ $T = 0,5 \text{ s}.$	$v = \frac{2\pi R}{T};$ $F_q = \frac{mv^2}{R}.$	$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{0,5} \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 6,3 \frac{\text{m}}{\text{s}};$ $F_q = \frac{0,1 \cdot (6,3)^2}{0,5} \text{ N} \approx 8 \text{ N}.$ <i>Javob:</i> $v \approx 6,3 \text{ m/s}; F_q \approx 8 \text{ N}.$



Tayanch tushunchalar: markazga intilma kuch, markazdan qochma kuch.



1. Markazga intilma kuch taʼsirida qanday hodisa roʻy beradi?
2. Markazga intilma kuch formulasi qanday ifodalanadi?
3. Markazdan qochma kuch deb qanday kuchga aytiladi?
4. Markazdan qochma kuchning formulasi nima sababdan markazga intilma kuch formulasi bilan bir xil? Ular bir-biridan qanday farq qiladi?

5. Markazdan qochma kuchdan turmushda qanday foydalaniladi?
6. Ipga biror kichik jismni bog'lab aylantiring. Bunda markazga intilma va markazdan qochma kuchlarning namoyon bo'lishini ko'rsatib bering.

M
15

1. Massasi 20 g bo'lgan sharcha 25 sm uzunlikdagi ipga bog'lab aylantirilmoqda. Aylanish davri 0,2 s bo'lsa, sharchaning chiziqli tezligini va unga ta'sir etayotgan markazdan qochma kuchni toping.
2. A. 1-masala shartidagi jism massasini ikki marta katta deb olib, masalani yeching.
B. 1-masala shartidagi sharcha bog'langan ipning uzunligini ikki marta uzun deb olib, masalani yeching.
D. 1-masala shartidagi sharchaning aylanish davrini ikki marta katta deb olib, masalani yeching.
A, B va D masalalarning har biri yechimini 1-masala yechimiga taqqoslang va xulosa chiqaring.
3. Motosikl sirk arenasida 25 m diametrli aylana bo'ylab 45 km/h tezlikda harakatlanmoqda. Agar motosiklga ta'sir etayotgan markazdan qochma kuch 2,5 kN bo'lsa, motosikl va motosiklchining birgalikdagi massasi qancha bo'ladi? Bunda motosikl qanday markazga intilma tezlanish oladi?

IV BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Inersiya – jismlarning o'z holatini saqlashga intilishidir. Barcha jismlar inersiyaga ega.
- ◆ Har qanday jism unga boshqa jismlar ta'sir qilmaguncha o'zining tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi. Bu Nyutonning birinchi qonuni yoki inersiya qonuni deb ataladi.
- ◆ Kuch – jismlar o'zaro ta'sirining o'lchovidir. Kuchning asosiy birligi – nyuton (N). Kuch dinamometr yordamida o'lchanadi.
- ◆ Inertlik – ta'sir etuvchi kuch bo'lmaganda jismning tinchlikdagi yoki harakatdagi o'z holatini saqlash xossasi.
- ◆ Massa – jismning inertlik xossasini tavsiflaydigan fizik kattalik.

- ◆ Nyutonning ikkinchi qonuni formulasi: $a = \frac{F}{m}$ yoki $F = ma$.
- ◆ Nyutonning ikkinchi qonuni ta'rifi: Jismning boshqa jismlar ta'sirida olgan tezlanishi unga ta'sir qilayotgan kuchga to'g'ri proporsional, shu jismning massasiga esa teskari proporsional.
- ◆ Nyutonning uchinchi qonuni formulasi: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.
- ◆ Nyutonning uchinchi qonuni ta'rifi: O'zaro ta'sirlashuvchi ikki jism bir-biriga miqdor jihatdan teng va to'g'ri chiziqli bo'yicha qarama-qarshi tomonlarga yo'nalgan kuchlar bilan ta'sirlashadi.
- ◆ Aylanma harakat qilayotgan jism markazga ma'lum kuch bilan tortilib turadi. Bu markazga intilma kuchdir. Uning formulasi: $F_i = \frac{mv^2}{R}$.
- ◆ Aylanma harakat qilayotgan jism ma'lum kuch bilan markazdan qochishga harakat qiladi. Bu kuch markazdan qochma kuchdir. Uning formulasi: $F_q = \frac{mv^2}{R}$.
- ◆ Markazdan qochma kuch va markazga intilma kuch miqdor jihatdan bir xil bo'lib, qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi: $\vec{F}_i = -\vec{F}_q$.

IV BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. Massasi 2 kg bo'lgan jism yerga erkin tushmoqda. Jismga ta'sir etayotgan kuchni toping. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.
2. Massasi 200 g bo'lgan aravacha $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanishi uchun unga qanday kattalikda o'zgarmas kuch bilan ta'sir etish kerak?
3. Temir yo'lda turgan vagonni 2 kN kuch bilan itarganda u $0,1 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlana boshladi. Vagonning massasini toping.
4. Tinch holatda turgan 0,5 kg massali jism o'zgarmas kuch ta'sirida harakatlanib, 5 s da 20 m yurdi. Jismga ta'sir etayotgan kuchning kattaligini toping.
5. Tekis gorizontal sirtda 100 g massali po'lat sharcha turibdi. Agar uni gorizontal ravishda 50 mN kuch bilan turtib yuborilsa, sharcha qanday tezlanish oladi?

6. Tekis gorizontal sirtda turgan aravachaga 4 N o'zgarmas kuch bilan ta'sir etilganda u 2 m/s^2 tezlanish oldi. Agar unga 6 N kuch bilan ta'sir etilsa, u qanday tezlanish oladi?
7. 6-masala sharti bo'yicha har ikkala hol uchun aravachaning 1 s davomida olgan tezliklarini toping.
8. Massasi 2000 kg bo'lgan avtomobil $0,8 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlana boshladi. Motor avtomobilni qanday kuch bilan harakatga keltirmoqda? Ishqalanish kuchlari hisobga olinmasin.
9. Bir-biriga qarama-qarshi harakatlanayotgan 0,5 kg va 1,5 kg massali ikki jism to'qnashdi va ikkisi ham to'xtab qoldi. Agar to'qnashguncha birinchi jism 6 m/s tezlikda harakatlangan bo'lsa, ikkinchi jism qanday tezlikda harakatlangan?
10. Traktor pritsepni 10 kN kuch bilan tortganda unga $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish beradi. Tortish kuchi 30 kN bo'lgan boshqa traktor shu pritsepga qanday tezlanish beradi?
11. Massasi 80 t bo'lgan reaktiv samolyot dvigatellarining tortish kuchi 120 kN bo'lsa, samolyot tezlik olishda qanday tezlanish bilan harakatlanadi?
12. Massasi 0,4 kg bo'lgan to'pga 0,01 s davomida zarb berilganda u 20 m/s tezlik oldi. To'p qanday kuch bilan tepilgan?
13. 25 sm uzunlikdagi ipga bog'langan 100 g massali sharcha aylana bo'ylab sekundiga 2 marta aylanmoqda. Sharchaga ta'sir etayotgan markazdan qochma kuchni va markazga intilma tezlanishni toping.
14. 12-masala shartidagi sharcha sekundiga 4 marta aylantirilsa, markazdan qochma kuch va markazga intilma tezlanish necha marta ortadi yoki kamayadi?
15. 1 m uzunlikdagi ipga bog'langan jism har sekundda 1 marta aylanmoqda. Jismga ta'sir etayotgan markazdan qochma kuch 10 N bo'lishi uchun jismning massasi qancha bo'lishi kerak?
16. Loyli yo'lda botib qolgan avtomobil qo'zg'ala olmay g'ildiragidan 10 m/s tezlikda loy parchalari otilmoqda. Agar avtomobil g'ildiragining diametri 1 m, otilayotgan loy parchalarining o'rtacha massasi 5 g bo'lsa, loy parchalari qanday kuch bilan otilmoqda?



V bob. TASHQI KUHLAR TA'SIRIDA JISMLARNING HARAKATI

24-§. ELASTIKLIK KUCHI

Deformatsiya

Jismga kuch bilan ta'sir etilsa, ular cho'zilishi, siqilishi, egilishi, siljishi yoki buralishi mumkin. Ba'zi jismlarda bunday xususiyat yaqqol kuzatiladi. Masalan, tashqi kuch ta'sirida rezina yoki prujina cho'ziladi, siqiladi va buraladi, yog'och yoki plastmassa esa egiladi.



Tashqi kuch ta'sirida jismlarning shakli va o'lchami o'zgarishi deformatsiya deb ataladi.

Deformatsiyalar elastik va plastik deformatsiyalarga bo'linadi. Tashqi kuch ta'siri to'xtaganda jismning o'zgargan shakli va o'lchami avvalgi holatiga qaytsa, bunday deformatsiya **elastik deformatsiya** bo'ladi. Masalan, cho'zilgan rezina yoki prujina tashqi ta'sir to'xtatilgandan keyin o'z holatiga qaytadi. Chizg'ichni biroz egib qo'yib yuborilsa, u yana to'g'rilanib qoladi. Bunday jismlar **elastik jismlar** deyiladi.

Ta'sir etayotgan tashqi kuch to'xtaganda jismning shakli va o'lchami tiklanmasa, bunday devormatsiya **plastik deformatsiya** bo'ladi. Masalan, plastilin ezilsa yoki cho'zilsa, u avvalgi holatiga qaytmaydi. Bunday jismlar **plastik jismlar** deyiladi.

Quyida biz faqat elastik jismlar bilan ish ko'ramiz.

Elastiklik kuchining namoyon bo'lishi

64-a rasmda ikki tayanchga gorizontal holatda qo'yilgan yupqa taxta tasvirlangan. Agar taxta o'rtasiga bola o'tirsa, taxta pastga egilib to'xtaydi (64-b rasm). Taxtaning egilishini qanday kuch to'xtatib qoladi?

Bolaning og'irlik kuchi ta'sirida taxta egiladi, ya'ni deformatsiyalanadi. Agar bolaning og'irlik kuchini tashqi kuch \vec{F}_t desak, taxtaning egilishiga qarshilik qilayotgan kuch elastiklik kuchi \vec{F}_{el} bo'ladi. \vec{F}_{el} kuch \vec{F}_t kuchga miqdor jihatdan tenglashganda taxta egilishdan to'xtaydi. Bu kuchlar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgandir. Bunda Nyutonning uchinchi qonuni o'rinli bo'ladi:

$$\vec{F}_t = -\vec{F}_{el}. \quad (1)$$



Jism deformatsiyalanganda tashqi kuchga qarshilik ko'rsatadigan va unga qarama-qarshi yo'nalgan kuch elastiklik kuchi deb ataladi.

Kamon ip tarang tortilganda (65-rasm), rezina, prujina cho'zilganda yoki siqilganda \vec{F}_t kuchga qarshi \vec{F}_{el} kuch namoyon bo'ladi.

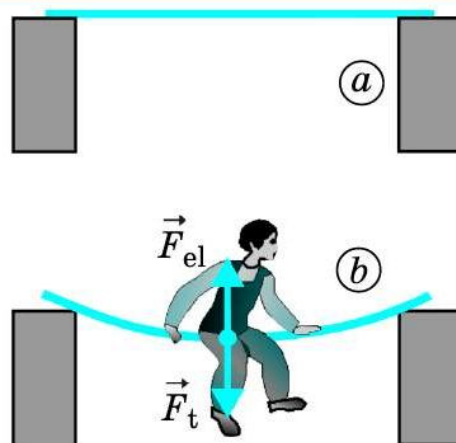
Guk qonuni

Tayanchga mahkamlangan prujina ilgagiga \vec{F}_t kuch bilan ta'sir etuvchi yuk osaylik. Bunda prujina deformatsiyalanib, Δl uzunlikka cho'ziladi. Bundan \vec{F}_t tashqi kuchga miqdor jihatdan teng va qarama-qarshi yo'nalgan \vec{F}_{el} elastiklik kuchi namoyon bo'ladi (66-rasm). Bu kuch Δl uzayishga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni:

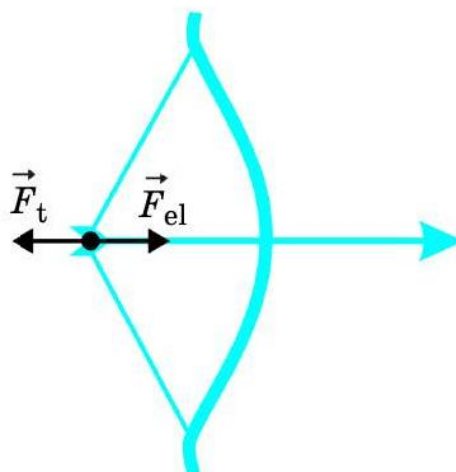
$$F_{el} = -k\Delta l, \quad (2)$$

bunda k – deformatsiyalanayotgan prujinaning bikirligi. Xalqaro birliklar sistemasida uning birligi N/m bo'ladi.

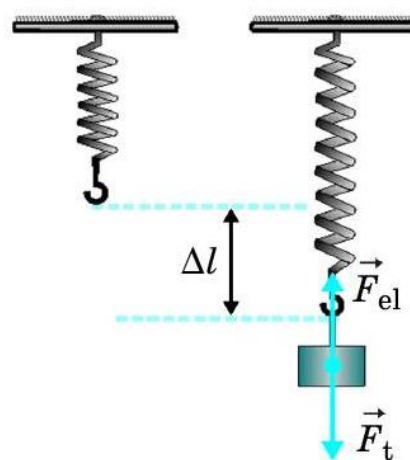
(2) formula quyidagicha ta'riflanadi:



64-rasm. Taxtaning egilishi.



65-rasm. Kamonning egilishi.



66-rasm. Prujinaning cho'zilishi.



Jismning elastik deformatsiyasi unga qo'yilgan tashqi kuchga to'g'ri proporsional.

Bu qonunni 1660-yilda ingliz olimi **Robert Guk** kashf etgan. Shuning uchun u **Guk qonuni** deb ataladi.

Jism (prujina, sim)ning bikirligi k qancha katta bo'lsa, uni cho'zish yoki siqish, ya'ni deformatsiyalash shuncha qiyin bo'ladi. Guk qonunidagi bikirlik turli jismlar uchun turlichadir. Uzunligi l , ko'ndalang kesimi S bo'lgan sterjenning bikirligi k quyidagicha ifodalanadi:

$$k = E \frac{S}{l}, \quad (3)$$

bunda E – sterjen yasalgan moddaning **elastiklik moduli**, u har xil moddalar uchun turlicha bo'ladi.

Prujina F_t tashqi kuch ta'sirida siqilganda u Δl ga qisqaradi. Bu holda ham Guk qonuni o'rinli bo'ladi. Prujina o'rniga kam deformatsiyalanadigan temir sterjen, aluminiy sim va boshqa jismlar olinganda ham ular tashqi kuch ta'sirida oz bo'lsa-da uzayadi yoki qisqaradi, ya'ni elastiklik kuchi yuzaga keladi.

Masala yechish namunasi

Tayanchga mahkamlangan simga osilgan jism 300 N og'irlik kuchi bilan ta'sir etmoqda. Agar bu kuch ta'sirida sim 0,5 mm ga uzaygan bo'lsa, uning bikirligini toping.

Berilgan:

$$F_t = 300 \text{ N};$$

$$\Delta l = 0,5 \text{ mm} = 0,0005 \text{ m.}$$

Topish kerak:

$k - ?$

Formulasi:

$$F_t = k\Delta l;$$

$$k = \frac{F_t}{\Delta l}.$$

Yechilishi:

$$k = \frac{300}{0,0005} \frac{\text{N}}{\text{m}} = 600\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 6 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Javob: $k = 6 \cdot 10^5 \text{ N/m.}$



Tayanch tushunchalar: deformatsiya, elastik deformatsiya, elastik jism, plastik deformatsiya, plastik jism, elastiklik kuchi, Guk qonuni, elastiklik moduli.



1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi?
2. Elastik va plastik deformatsiyalar bir-biridan qanday farq qiladi?
3. Elastiklik kuchi nima va u qanday vujudga keladi?
4. Elastiklik kuchi va tashqi ta'sir kuchi orasida qanday munosabat mavjud?

5. Guk qonuni qanday ifodalanadi va ta'riflanadi?
6. Rezinaning bir uchini tayanchga bog'lab, ikkinchi uchidan torting. Bunda qanday kuchlar namoyon bo'ladi? Ularning yo'nalishi qanday?

- M**
16
1. 4 N kuch ta'sirida 5 sm ga uzaygan prujina bikirligini toping.
 2. Bikirligi 500 N/m bo'lgan rezina 10 N kuch bilan tortilsa, u qanchaga uzayadi?
 3. Qanday kattalikdagi kuch ta'sirida bikirligi 1000 N/m bo'lgan prujina 4 sm ga qisqaradi?
 4. Yuk mashinasi yengil avtomobilni tros orqali 1 kN kuch bilan tortsa, tros qanchaga uzayadi? Trosning bikirligi 10^5 N/m.
 5. Berilgan sim bo'lagining bikirligi $2 \cdot 10^5$ N/m ga teng. Shu sim bo'lagi yarmisining bikirligi qancha?
 6. Uzunliklari bir xil ikki prujina ketma-ket birlashtirilib, ikkita erkin uchlaridan ushlab tortildi. Bunda bikirligi 100 N/m bo'lgan prujina 4 sm ga uzaydi. Agar ikkinchi prujina 2 sm ga uzaysa, uning bikirligi qancha?

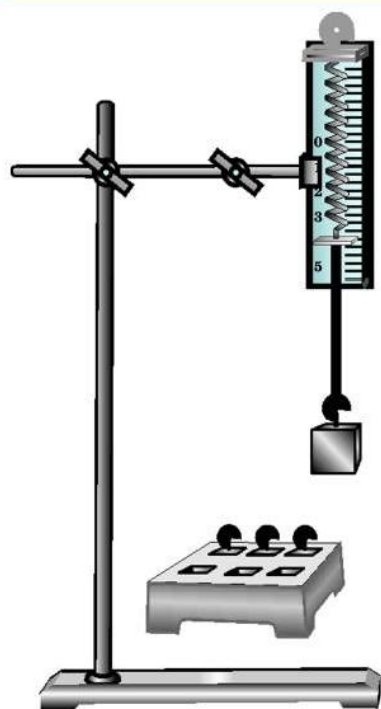
25-§. PRUJINA BIKIRLIGINI ANIQLASH (2-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: eng oddiy dinamometr prujinasining bikirligini aniqlash orqali jismlarning deformatsiyasi va bikirligi haqida tasavvurlarni kengaytirish, elastiklik kuchi haqida olingan nazariy bilimlarni mustahkamlash.

Kerakli jihozlar: shtativ, eng oddiy dinamometr, yuklar to'plami, millimetrli qog'oz.

Ishni bajarish tartibi

1. Dinamometr shkalasiga millimetrli qog'oz yopishtiring.
2. Dinamometrni shtativga 67-rasmda ko'rsatilganidek mahkamlang.
3. Dinamometr ko'rsatkichining boshlang'ich vaziyatini shkalasidagi millimetrli qog'ozga belgilang.
4. Dinamometr ilgagiga m_1 massali yukni iling, uning ta'sirida prujina-ning Δl_1 uzayishini o'lchang va natijani jadvalga yozing.



67-rasm. Prujina bikirligini aniqlash uchun jihozlar.

5. Dinamometr ilgagiga m_1 massali yuk o'rniga avval m_2 , so'ngra m_3 massali yukni osing. Har ikkala hol uchun yuk ta'sirida prujinaning Δl_2 , Δl_3 uza-yishlarini o'lchang va natijalarni jadvalga yozing.

6. Dinamometrغا osilgan har bir yuk uchun prujinaga ta'sir etgan tashqi kuchlarni $F_t = mg$ formula bo'yicha hisoblang va natijalarni jadvalga yozing ($g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling).

7. Har bir o'lchangan Δl_1 , Δl_2 , Δl_3 va hisoblangan F_{t1} , F_{t2} , F_{t3} natijalarni $k = F_t / \Delta l$ formulaga qo'yib, k_1 , k_2 , k_3 prujinaning bikirligini hisoblang va natijalarni jadvalga yozing.

8. $k_{o'rt} = (k_1 + k_2 + k_3) / 3$ formula bo'yicha prujina bikirligining o'rtacha qiymatini hisoblang va natijani 2-jadvalga yozing.

2-jadval

№	m	F_t	Δl	k	$k_{o'rt}$
1					
2					
3					



1. Dinamometrغا m_1 , m_2 , m_3 massali yuk osilgan prujinaning elastiklik kuchi nimaga teng va qaysi tomonga yo'nalgan?
2. Dinamometr prujinasi ilgagiga yuk osilganda elastiklik kuchi qanday vujudga kelishini tushuntirib bering.
3. Nima sababdan har bir o'lchash uchun prujinaning bikirligi k_1 , k_2 , k_3 deyarli bir xil qiymatlarga teng?

26-§. BUTUN OLAM TORTISHISH QONUNI

Butun olam tortishish qonuni haqida tushuncha

Oyning Yer atrofida, Yerning Quyosh atrofida aylanishini bilasiz. Nima uchun Oy Yerdan, Yer Quyoshdan «qochib» ketmaydi? Chunki Oy bilan Yer, Yer bilan Quyosh o'zaro ta'sirlashib, muayyan kuch bilan tortishib turadi. Bu kuchning tabiati qanday? U qanday kattaliklarga bog'liq?

Nyuton 1687-yilda o'zigacha o'rgangan olimlarning fikrlariga va o'zining kuzatishlariga asoslanib quyidagi xulosaga keldi (68-rasm):

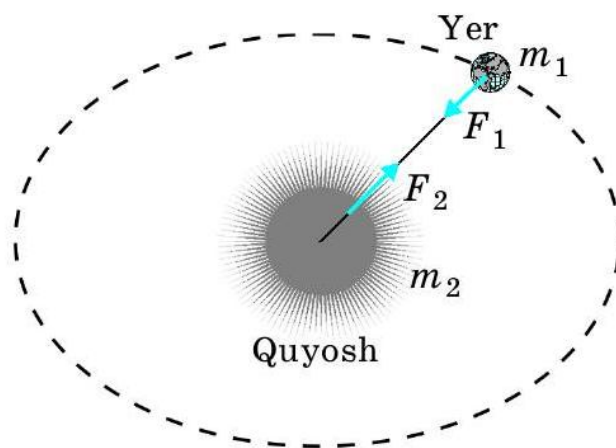


Yerning Quyosh bilan o'zaro tortishish kuchi ular massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional, oralaridagi masofaning kvadratiga teskari proporsional.

Nyuton tortishish kuchining bunday tabiati faqat Yer bilan Quyosh orasidagi tortishishga emas, balki Oy bilan Yer, boshqa sayyoralar bilan Quyosh, atrofigimizdagi jismlar bilan Yer orasidagi tortishishga ham tegishli ekanligini kashf etdi.

Nyutonning xulosasiga asosan, olamdagi jismlarning o'zaro tortishish kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}, \quad (1)$$



68-rasm. Yer va Quyoshning o'zaro tortishishi.

bunda m_1 , m_2 – ta'sirlashishayotgan jismlar massalari, R – ular orasidagi masofa, G – proporsionallik koeffitsienti bo'lib, u gravitatsion doimiy deb ataladi. Lotinchada *gravitas* – *tortishish*, *og'irlik* degan ma'noni anglatadi.

Bu formula **gravitatsion tortish kuchi**ni ifodalaydi. Butun olamdagi jismlarning tortishish kuchini ifodalagani uchun u **Butun olam tortishish qonuni** deb ataladi. Butun olam tortishish qonuni quyidagicha ta'riflanadi:



Ikki jismning o'zaro tortishish kuchi ularning massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va ular orasidagi masofa kvadratiga teskari proporsional.

Ingliz olimi Genri Kavendish 1798-yilda gravitatsion doimiyni son qiymati quyidagiga tengligini aniqladi:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}. \quad (2)$$

$1/1,5 \approx 0,667$ bo'lgani uchun masalalar yechishda $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ o'rniga $(1/1,5 \cdot 10^{10}) \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ qiymatdan ham foydalanish mumkin.

Atrofimizdagi barcha jismlar – mashinalar, odamlar, stol-stullar, shkaflar, hattoki, uylar ham bir-biriga tortishib turadi. Bu kuchlar kichikligidan ular sezilmaydi.

Yer, Oy va Quyoshga oid o'lchov ma'lumotlari

Butun olam tortishish qonuniga oid masalalarni yechishda Yer, Oy va Quyoshga oid kattaliklardan foydalaniladi. Quyida shu kattaliklar keltirilgan. Masala yechishda bu kattaliklarning yaxlitlangan taqribiy qiymatlaridan foydalanish mumkin.

1. Yerning o'rtacha radiusi – $6,371 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$.
2. Yerning massasi – $5,976 \cdot 10^{24} \text{ kg} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.
3. Yerdan Oygacha o'rtacha masofa – $3,844 \cdot 10^8 \text{ m} \approx 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$.
4. Oyning radiusi – $1,737 \cdot 10^6 \text{ m} \approx 1,7 \cdot 10^6 \text{ m}$.
5. Oyning massasi – $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \approx 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$.
6. Yerdan Quyoshgacha o'rtacha masofa – $1,496 \cdot 10^{11} \text{ m} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.
7. Quyoshning radiusi – $6,96 \cdot 10^8 \text{ m} \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m}$.
8. Quyoshning massasi – $1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

Masala yechish namunasi

Yer bilan Quyosh orasidagi tortishish kuchini toping.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$m_1 = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg};$ $m_2 = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg};$ $R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m};$ $G = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}.$	$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$	$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{6 \cdot 10^{24} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} \text{ N} \approx$ $\approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}.$
<p><i>Topish kerak:</i></p> <p>$F - ?$</p>		<p><i>Javob:</i> $F \approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}.$</p>



Tayanch tushunchalar: Butun olam tortishish qonuni, gravitatsion tortishish kuchi, gravitatsion doimiysi.



1. Olamdagi jismlarning bir-biriga tortishish kuchi haqida Nyutonning xulosalari nimalardan iborat?

2. Butun olam tortishish qonuni formulasi qanday ifodalanadi?
3. Nima uchun gravitatsion tortishish kuchiga asoslangan qonun Butun olam tortishish qonuni deb ataladi?
4. Butun olam tortishish qonunini ta'riflab bering.
5. Gravitatsion doimiyning qiymati qachon va kim tomondan aniqlangan? Uning qiymatini aytib bering.
6. Atrofimizdagi jismlarning bir-biriga tortishishini nima sababdan sezmaymiz?

M
17

1. Yer bilan Oy orasidagi tortishish kuchini toping.
2. Har birining massasi 50 kg dan bo'lgan ikki bola bir-biridan 1 m masofada turibdi. Bolalar Butun olam tortishish qonuni bo'yicha bir-biriga qanday kuch bilan tortishishadi?
3. Dengiz portida ikki katta kema bir-biridan 100 m uzoqlikda turibdi. Agar har bir kemaning massasi 1000 t dan bo'lsa, ular bir-biriga qanday kuch bilan tortishishadi?
4. Massangizni, Yerning massasi va radiusini bilgan holda o'zingiz Yerga qanday kuch bilan tortishishingizni hisoblang. O'zingiz bilan Yer orasidagi masofani Yerning radiusiga teng deb oling.

27-§. OG'IRLIK KUCHI

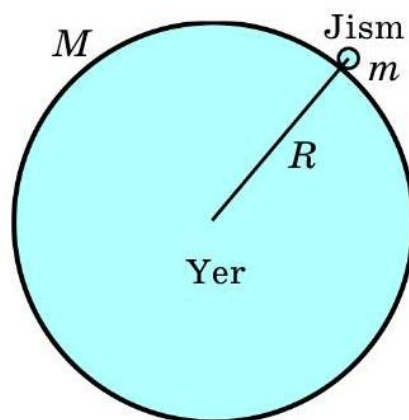
Yer yuzidagi jismlar nima sababdan Yerga tortiladi? Ular uchun ham butun olam tortishish qonuni o'rinalimi?

Butun olam tortishish qonuni formulasidan foydalanib, Yer sirtidagi ixtiyoriy $m_1 = m$ massali jism bilan $m_2 = M$ massali Yer sharining o'zaro tortishish kuchini hisoblash mumkin (69-rasm):

$$F = G \frac{mM}{R^2}. \quad (1)$$

Bunda jism va Yer orasidagi masofa tarzida Yer shari radiusi olinadi, ya'ni $R = 6,4 \cdot 10^6$ m. $m = 1$ kg massali jism bilan $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg massali Yerning tortishish kuchini topaylik:

$$F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{1 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ N} \approx 9,8 \text{ N}.$$



69-rasm. Yer va uning sirtidagi jismning o'zaro tortishish sxemasi.

Demak, 1 kg massali jism va Yer bir-birini 9,8 N kuch bilan tortadi.

Nyutonning uchinchi qonuniga binoan jism Yerga qanday kuch bilan tortilsa, u Yerni o'ziga shuncha kuch bilan tortadi. Faqat bu kuchlar o'zaro qarama-qarshi yo'nalgandir. Lekin faqat 1 kg massali jism 9,8 N kuch bilan Yerga tortilishi haqida gap bo'lishi mumkin. Chunki bunday o'zaro tortishishda Yer shari siljimaydi.

Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan Yerga tortilish kuchi ta'sirida jismning olgan tezlanishi:

$$a = \frac{F}{m}. \quad (2)$$

Demak, 1 kg massali jism Yerning tortish kuchi ta'sirida 9,8 m/s² ga teng bo'lgan tezlanishga ega bo'ladi.

Ixtiyoriy massali, masalan, $m = 8$ kg yoki 25 kg massali jismlar Yerga qanday kuch bilan tortiladi? Bu kuch ta'sirida ular qanday tezlanishga ega bo'ladi?

$$m = 8 \text{ kg uchun: } F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{8 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ N} \approx 78,4 \text{ N}; \quad a = \frac{78,4}{8} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$m = 25 \text{ kg uchun: } F = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{10}} \frac{25 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} \text{ N} \approx 245 \text{ N}; \quad a = \frac{245}{25} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Demak, jismning massasi qancha bo'lishidan qat'i nazar Yerga tortilish kuchi natijasida a tezlanishning kattaligi bir xil, ya'ni 9,8 m/s² ga teng ekan. Biz bu tezlanishni **erkin tushish tezlanishi** deb atab, uni g harfi bilan belgilagan edik. Aslida biz bu mavzuda erkin tushish tezlanishining qiymatini keltirib chiqardik. Demak, haqiqatan ham, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ekan.

Jismni Yerga tortib turuvchi kuchni **og'irlik kuchi** deb ataymiz va $F_{og'}$ tarzida belgilaymiz. Nyutonning ikkinchi qonuni formulasidagi a tezlanishni g erkin tushish tezlanish bilan almashtirib, m massali jismning og'irlik kuchini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F_{og'} = mg. \quad (3)$$



Jismning Yerga tortilish kuchi og'irlik kuchi deb ataladi.

(3) formula jismning og'irlik kuchi bilan massasi orasidagi bog'lanishni ham ifodalaydi. Bu formula Yer sirtida N hisobidagi og'irlik kuchi kg hisobidagi jism massasidan 9,8 marta katta ekanligini ko'rsatadi.

Masala yechish namunasi

Ko'prik ustida turgan 10 tonna massali yuk mashinasining og'irlik kuchini toping. Mashina ko'prikka qanday kuch bilan ta'sir etadi?

Berilgan:
 $m = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg};$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2.$

Topish kerak:
 $F_{og'}$ – ?

Formulasi:

$$F_{og'} = mg.$$

Yechilishi:

$$F_{og'} = 10\,000 \cdot 9,8 \text{ N} = 98\,000 \text{ N} = 98 \text{ kN}.$$

Javob: $F_{og'} = 98 \text{ kN}$; mashina ko'prikka ham 98 kN kuch bilan ta'sir etadi.



Tayanch tushunchalar: jism bilan Yerning tortishish kuchi, Yerning tortishi, jismning Yerga tortilishi, jismning og'irlik kuchi.



1. Butun olam tortishish qonuniga binoan Yer sirtidagi m massali jism va Yer orasidagi o'zaro tortishish kuchi formulasi qanday ifodalanadi?
2. Butun olam tortishish qonuni va Nyutonning ikkinchi qonuni formulalari asosida erkin tushish tezlanishining qiymati qanday topiladi?
3. Nima uchun jism va Yer orasidagi o'zaro tortishish kuchi shu jismning og'irlik kuchi deb ataladi?
4. Og'irlik kuchi formulasi qanday ifodalanadi?
5. Og'irlik kuchi deb nimaga aytiladi?

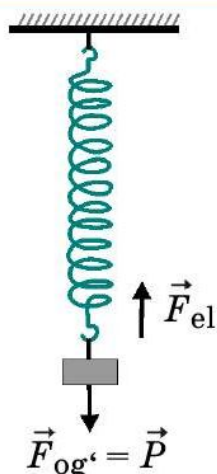


1. Massasi 200 kg bo'lgan kitob javoni Yerga qanday kuch bilan tortiladi? Javonning og'irlik kuchi qancha? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.
2. Massangizni bilgan holda o'zingizning og'irlik kuchingizni aniqlang.
3. Yo'l chetida turgan avtomobilning og'irlik kuchi 20 kN ga teng. Avtomobilning massasini toping.

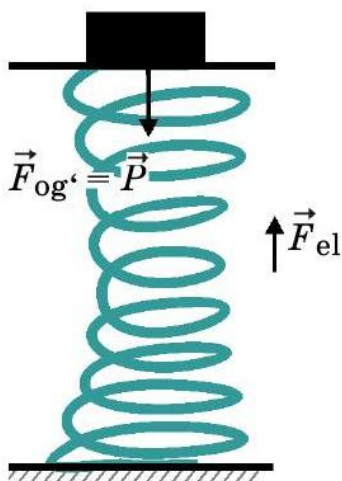
28-§. JISMNING OG'IRLIGI

Fizikada og'irlik kuchidan tashqari og'irlik degan tushuncha ham mavjud. Jism og'irligi mohiyatini tushunib olish uchun quyidagi tajribalarni o'tkazaylik.

1-tajriba. Osmaga mahkamlangan prujinaga m massali jism osaylik. Jismga pastga yo'nalgan $F_{og'} = mg$ og'irlik kuchi ta'sir qiladi. Shu kuch



70-rasm. Jism og'irlik kuchining osmaga ta'siri.



71-rasm. Jism og'irlik kuchining tayanchga ta'siri.

ta'sirida prujina cho'ziladi, ya'ni deformatsiyalanadi. Buning natijasida F_{el} elastiklik kuchi vujudga keladi (70-rasm).

Elastiklik kuchi nima va u qanday namoyon bo'ladi?

$F_{og'}$ og'irlik kuchi ta'sirida yuqoriga yo'nalgan F_{el} elastiklik kuchi orta boradi. Ma'lum muddatdan keyin F_{el} elastiklik kuchi miqdor jihatdan $F_{og'}$ og'irlik kuchiga tenglashib qoladi, ya'ni bu kuchlar muvozanatlashadi va prujinaga osilgan jism tinch holatga keladi. Jismning tinch holatida osmaga $F_{og'}$ og'irlik kuchiga teng bo'lgan kuch ta'sir etadi. Bu kuch prujinaga osilgan jismning og'irligidir.

2-tajriba. Prujina ustiga o'rnatilgan tayanchga muayyan m massali jismni qo'yamiz. Shu zahoti prujina qisqara boshlaydi, ya'ni deformatsiyalanadi. Natijada, F_{el} elastiklik kuchi namoyon bo'la boshlaydi. Elastiklik kuchi ortib, jismning og'irlik kuchiga miqdor jihatdan tenglashganda prujinaning qisqarishi to'xtaydi va jism tinch holatga o'tadi. Jismning tinch holatida tayanchga $F_{og'}$ og'irlik kuchiga teng bo'lgan kuch ta'sir etadi (71-rasm). Bu kuch prujina ustidagi tayanchga qo'yilgan jismning og'irligidir.



Yerga tortilishi tufayli jismning tayanchga yoki osmaga ta'sir etadigan kuchi *jismning og'irligi* deb ataladi va P harfi bilan belgilanadi.

Yuqoridagi tajribalarda jism muvozanat holatga kelganda jismning P og'irligi $F_{og'}$ og'irlik kuchiga teng bo'ladi. Tinch holatda turgan jismning og'irligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$P = mg.$$

Og'irlik tushunchasini og'irlik kuchi tushunchasi bilan chalkashtirib yubormaslik kerak. Ularning bir-biridan farq qiladigan ikki jihatini bilib olish lozim. Birinchidan, og'irlik kuchi – bu jismning Yerga tortilish kuchi,

og'irlik – bu jismning tayanchga yoki osmaga ko'rsatayotgan ta'sir kuchi. Ikkinchidan, og'irlik kuchi ma'lum bir joyda jismning vertikal yo'nalishdagi tezlanishiga bog'liq emas, ya'ni o'zgarmasdir. Og'irlik esa jism faqat tinch holatda turganda yoki vertikal tekis harakatdagina o'zgarmasdir.

Jism vertikal yo'nalishda o'zgaruvchan harakat qilganda og'irlik o'zgaradi. Masalan, 1-tajribadagi prujinaga osiladigan jismning massasi 100 g, ya'ni 0,1 kg bo'lsin. U holda jismning og'irlik kuchi $F_{og'} = 0,1 \cdot 9,8 \text{ N} = 0,98 \text{ N} \approx 1 \text{ N}$. Bu kuch jism prujinaga osilganda ham, prujina cho'zilayotganda ham, tinch holatga kelganda ham o'zgarmaydi. Lekin og'irlik 0 qiymatdan 1 N ga qadar ortib boradi. Jism prujinaga osilgan vaqtning o'zida jismning prujina osilgan osmaga ta'siri bo'lmaydi, ya'ni jismning og'irligi 0 ga teng bo'ladi. Qisqa vaqt ichida prujina cho'zila boradi va jismning osmaga ta'siri orta boradi, ya'ni jismning og'irligi 0 dan 1 N ga qadar o'zgara boradi. Prujina cho'zilib bo'lgach, ya'ni jism muvozanat holatga kelganda jismning og'irligi 1 N ga teng bo'ladi.

2-tajribada ham shunday holat yuz beradi.

Turmushda massa o'rniga ko'proq og'irlik tushunchasi qo'llaniladi. Masalan, bozorda tarozi yordamida mahsulotning massasi o'lchansa-da, mahsulotning og'irligi o'lchandi, deyiladi. Bu bilan xatolikka yo'l qo'yiladi, deb bo'lmaydi. Chunki mahsulot tinch holatda, ya'ni muvozanat holatda tarozida tortiladi. Bu holatda og'irlik N da emas, balki kg yoki g da hisoblanadi, xolos.

Masala yechish namunasi

Dinamometrغا yuk osilganda biroz vaqtdan so'ng u muvozanatga keldi. Shunda dinamometr 10 N ni ko'rsatdi. Dinamometrغا osilgan yukning massasi qancha? Muvozanat holatda dinamometr prujinasining elastiklik kuchi qancha bo'ladi? Yukning og'irligi-chi? Dinamometr yordamida yukning massasini o'lchash mumkinmi?

Berilgan:

$$F_{og'} = 10 \text{ N}; \\ g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Topish kerak:

$$m - ? \quad F_{el} - ? \quad F_{og'} - ?$$

Formulasi:

$$F_{og'} = mg; \quad m = \frac{F_{og'}}{g}.$$

$$\text{Javob: 1) } m \approx 1 \text{ kg; 2) } F_{el} = F_{og'} = 10 \text{ N};$$

$$3) P = F_{el} = 10 \text{ N; 4) Yer sirtida turgan dinamometr yordamida massani ham o'lchash mumkin.}$$

Buning uchun dinamometr shkalasini kg va g larda darajalangan bo'lishi kerak. O'lchash jarayonida prujinasi muvozanat holatda bo'lishi zarur.



Tayanch tushunchalar: og'irlik kuchining osmaga ta'siri, og'irlik kuchining tayanchga ta'siri, jismning og'irligi.



1. 70-rasm bo'yicha prujinaga osilgan jismning og'irligini tushuntirib bering.
2. 71-rasm bo'yicha tayanchga qo'yilgan jismning og'irligi haqida fikr yuriting.
3. Jismning og'irligi deb nimaga aytiladi?
4. Og'irlikning og'irlik kuchidan farqi nimadan iborat?
5. Turmushda ko'proq massa o'rniga og'irlik tushunchasi qo'llaniladi. Bu to'g'rimi? Javobingizni asoslab bering.



1. Tayanchga mahkamlangan prujinaga 50 g massali jism osilgan. Jismga ta'sir etadigan og'irlik kuchi va prujinaning elastiklik kuchi o'zaro muvozanatlashganda jismning og'irligi nimaga teng bo'ladi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.
2. Prujina ustiga o'rnatilgan tayanchga 80 g massali jism qo'yilgan. Muvozanat holatda jismning og'irligi nimaga teng bo'ladi?
3. Qo'zg'almas holatdagi dinamometrغا 200 g yuk osildi. Muvozanat holatda yukning og'irligi qancha? Elastiklik kuchi-chi?
4. O'zingizning massangizni bilgan holda tinch holatda turgan paytingizdagi og'irligingizni hisoblang.

29-§. YUKLAMA VA VAZNSIZLIK

Yuklama

Dinamometrغا m massali jism osib, uni tinch holatda ushlab turaylik. Muvozanat holat tiklanganda jismning og'irligi $P = F_{og'}$ yoki $P = mg$ bo'ladi (72-a rasm).

Agar dinamometrni keskin yuqoriga harakatlantirsak, dinamometrning prujinasi cho'ziladi. Birozdan keyin, ya'ni prujinaning elastiklik kuchi jismning og'irligi bilan muvozanatga kelgandan keyin jism yuqoriga a tezlanish bilan harakatga keladi (72-b rasm). Shu vaqtda dinamometrning ko'rsatishi ortadi. Bu demakki, jismning og'irligi ham ortadi. Bunda og'irlikning ortishi ma ga teng bo'ladi:

$$P = F_{og'} + ma \quad \text{yoki} \quad P = mg + ma. \quad (1)$$



Jism yuqoriga tik yo'nalishda tezlanish bilan harakatlanganda uning og'irligi ortadi. Bu ortish yuklama deb ataladi.

Hayotimizda yuklamaning namoyon bo'lishini ko'p uchratganmiz. Masalan, tinch holatdagi lift ko'tarila boshlaganda u a tezlanish oladi. Bunda uning ichida turgan odam lift poliga odatdagidan ko'proq kuch bilan bosadi. Liftidagi odam og'irligi ma ga ortadi (73-rasm).

Samolyot yerdan tezlanish bilan ko'tarilganda yuklama tufayli ba'zi odamlar miyasida og'riq paydo bo'ladi. Ayniqsa, raketa katta tezlanish bilan uchirilganda, uning ichidagi kosmonavt katta yuklamaga dosh berishi kerak.

Vaznsizlik

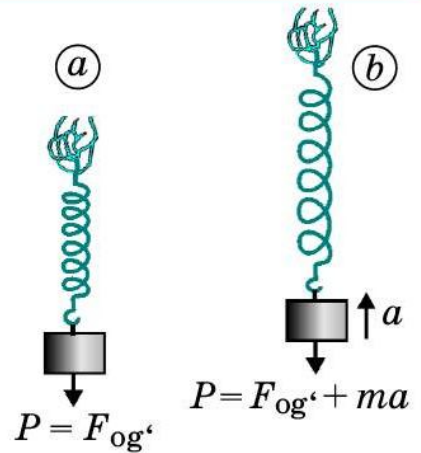
Endi dinamometrni keskin pastga harakatlantiraylik. Bunda dinamometrning prujinasi siqiladi. Bir zumda prujinaning elastiklik kuchi jismning og'irligi bilan muvozanatga keladi va jism pastga a tezlanish bilan harakatlanadi (74-rasm). Shu vaqtda dinamometrning ko'rsatishi kamayadi. Bu demakki, jismning og'irligi ham kamayadi. Bunda og'irlikning kamayishi ma ga teng bo'ladi:

$$P = F_{og'} - ma \quad \text{yoki} \quad P = mg - ma. \quad (2)$$

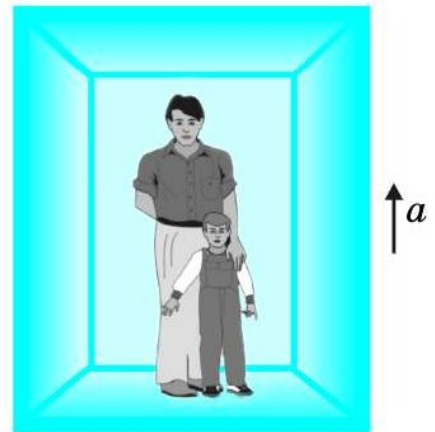


Jism pastga tik yo'nalishda tezlanish bilan harakatlanganda uning og'irligi kamayadi.

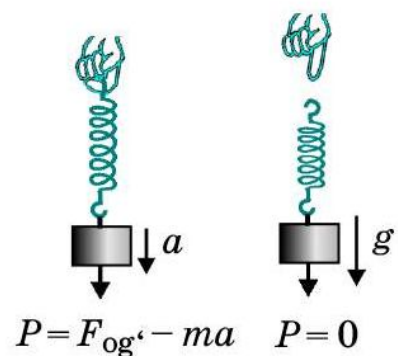
Tinch holatda turgan lift pastga harakatlana boshlaganda u a tezlanish oladi. Bu paytda uning ichidagi odam ma ga yengillashib qoladi.



72-rasm. Jismning tinch holati (a) va yuqoriga tezlanishli harakati (b).



73-rasm. Liftning tezlanishli harakati.



74-rasm. Jismning a tezlanish bilan (a) va g tezlanish bilan (b) pastga harakati.

Yuk osilgan dinamometrni qo'yib yuborsak, dinamometr qisqarib, yuk $a = g$ tezlanish bilan pastga harakatlanadi. Bunda dinamometrning shkalasi unga osilgan jismning og'irligi 0 ga tengligini, ya'ni vaznsizlik holatini ko'rsatadi (74-b rasm):

$$P = m(g - a) = m(g - g) = 0.$$

Yer yuzida erkin tushayotgan jism vaznsizlik holatida bo'ladi. Jismlarning erkin tushishi og'irlik kuchi – butun olam tortishish kuchi ta'sirida namoyon bo'ladi. Koinotdagi jismlar Yer, Oy, Quyosh, sayyoralar, yulduzlar va bosqa osmon jismlari ta'sirida bo'ladi. Shuning uchun vaznsizlik holatini quyidagicha ta'riflash mumkin:



Faqat butun olam tortishish kuchlari ta'sirida erkin harakat qilayotgan har qanday jism vaznsizlik holatida bo'ladi.

Yer atrofida orbita bo'ylab aylanib yurgan kosmik kema, uning ichidagi kosmonavt, erkin tushish tezlanishi bilan sho'ng'iyotgan samolyot vaznsizlik holatida bo'ladi. Vaznsizlik holatida kosmonavt kema ichida erkin suzib yuradi. Bu holatda kosmonavtning og'irligi nolga teng bo'ladi.

Masala yechish namunasi

Polvon yerda turgan 64 kg massali toshni dast ko'tardi. Bunda tosh $2,7 \text{ m/s}^2$ tezlanish oldi. Jismning og'irlik kuchini toping. Toshni yerdan ko'tarish paytida uning og'irligi qancha bo'lgan?

Berilgan:

$$m = 64 \text{ kg};$$

$$a = 2,7 \text{ m/s}^2;$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Topish kerak:

$$F_{og'} = ? \quad m = ?$$

Formulasi:

$$F_{og'} = mg;$$

$$P = mg + ma;$$

$$P = m(g + a).$$

Yechilishi:

$$F_{og'} = 64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \approx 630 \text{ N};$$

$$P = 64 \text{ kg} \cdot (9,8 + 2,7) \text{ m/s}^2 = 800 \text{ N}.$$

$$\text{Javob: } F_{og'} \approx 630 \text{ N}; P = 800 \text{ N}.$$



Tayanch tushunchalar: yuklama, jismning vaznsizlik holati.



1. Yuklama deb nimaga aytiladi? Unga misollar keltiring.
2. Vaznsizlik holati bo'lishi uchun jism tik pastga qanday tezlanish bilan harakatlanishi kerak?
3. Vaznsizlik holatini tushuntirib bering va unga misollar keltiring.

**M
20**

1. Har birining massasi 400 g dan bo'lgan ikkita kitob ustma-ust qo'yilib, birgalikda 5 m/s^2 tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilmoqda. Ustdagi kitob ostidagi kitobga qanday og'irlikda ta'sir ko'rsatadi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.
2. Massasi 3 kg bo'lgan jism tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilib, og'irligi 39 N ga yetdi. Jism qanday tezlanish bilan ko'tarilgan?
3. 1-masalada keltirilgan kitoblar 5 m/s^2 tezlanish bilan birgalikda yuqoridan pastga tushayotgan bo'lsa, ustdagi kitob ostidagi kitobga qanday og'irlikda ta'sir ko'rsatadi?
4. 1-, 3-masalalarda keltirilgan kitoblar erkin tushish tezlanishi bilan birgalikda vertikal bo'ylab pastga tushayotgan bo'lsa, ustdagi kitob ostidagi kitobga qanday og'irlikda ta'sir ko'rsatadi?

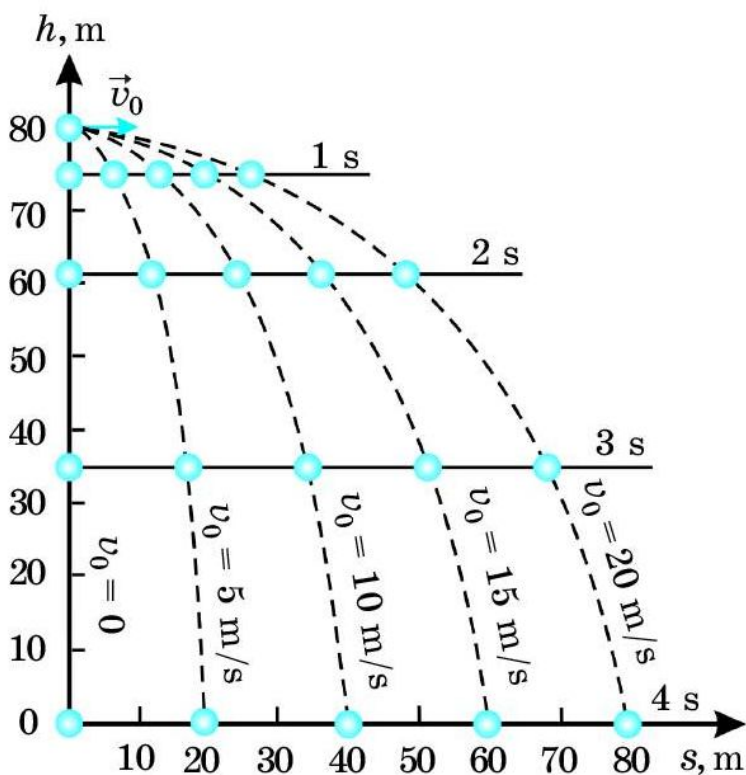
30-§. YERNING TORTISH KUCHI TA'SIRIDA JISMLARNING HARAKATI

Gorizontol otilgan jismning harakati

Faraz qilaylik, 80 m balandlikdagi minoradan jism yerga tashlandi. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olsak, jism 1 s da 5 m, 2 s da 20 m, 3 s da 45 m, 4 s da 80 m masofani bosib o'tishini hisoblash mumkin (75-rasm).

Endi jism baland minoradan v_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontol yo'nalishda otilsin. Yerning tortish kuchi ta'sirida bu jism egri chiziqli harakat qilib, minoradan s masofa uzoqlikka borib tushadi.

Minoradan gorizontol yo'nalishda otilgan jismning harakatida ikki ajoyib hodisani kuzatish mumkin.



75-rasm. Balandlikdan gorizontol yo'nalishda otilgan jismning harakati.

Birinchisi. 80 m balandlikdan tashlangan jism 4 s da yerga tushadi. Shu balandlikdan 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan gorizonta yo'nalishda otilgan jismlar ham bir xilda 4 s da yerga tushadi. Hattoki, ularning 1 s, 2 s, 3 s oxirida yerdan balandliklari ham bir xil bo'lib, boshlang'ich tezliksiz tashlangan jismdagi kabi bo'ladi.



Balandlikdan tashlangan jism yerga qancha vaqtda tushsa, shu balandlikdan gorizonta yo'nalishda otilgan jism ham shuncha vaqtda yerga tushadi.

Ikkinchisi. Gorizonta otilgan jism ixtiyoriy teng vaqtlar orasida minoradan bir xil masofaga uzoqlashib boradi. Agar yerga jismning egri chiziqli harakatining proyeksiyasi tushirilsa, uning proyeksiyasi to'g'ri chiziqli tekis harakatni ifodalaydi. Shuning uchun minora ostidan jismning tushgan joyigacha bo'lgan masofa quyidagicha ifodalanadi:

$$s = v_0 t. \quad (1)$$

Jism 75-rasmda ko'rsatilgandek, 80 m balandlikdagi minoradan 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan gorizonta yo'nalishda otilgan bo'lsa, jism har gal minoradan qancha uzoqlikka borib tushishini hisoblaylik. Bunda $t = 4$ s deb olib, (1) formuladan har bir holat uchun s masofani topamiz: 1) $v_0 = 5$ m/s da $s = 5$ m/s \cdot 4 s = 20 m;

$$2) v_0 = 10 \text{ m/s da } s = 10 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 40 \text{ m};$$

$$3) v_0 = 15 \text{ m/s da } s = 15 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 60 \text{ m};$$

$$4) v_0 = 20 \text{ m/s da } s = 20 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 80 \text{ m}.$$

Birinci kosmik tezlik

Biz gorizonta otilgan jismning harakatini o'rganganimizda Yer sirtini yassi deb oldik. Bilamizki, Yer sirti sferasimondir. Shunday bo'lsa-da, jism bir necha o'n, yuz metrga gorizonta otilganda Yer sirtini yassi deb olish mumkin. Agar balandlikdan gorizonta otilgan jismning yuzlab, minglab kilometr masofadagi harakati qaralayotgan bo'lsa, Yer sirtining sfera shaklida ekanligi hisobga olinishi zarur bo'ladi.

Faraz qilaylik, jism minoradan juda katta v_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizonta yo'nalishda otilsin. Jismning boshlang'ich tezligi qanchalik katta bo'lsa, u Yer sirti bo'ylab shuncha uzoqqa borib tushadi. Boshlang'ich

tezlikni oshirib, shunday katta v_I tezlikka erishish mumkinki, bunday tezlikda jism Yerga qaytib tushmaydi (76-rasm). Jism ma'lum orbita (aylana trayektoriya) bo'ylab v_I tezlikda Yer sharini aylanib yuradi.

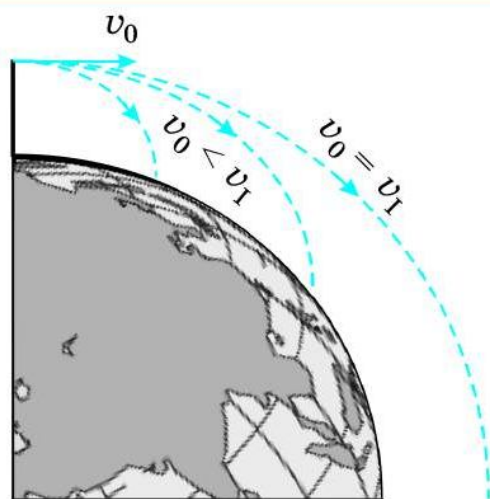
Jism Yer shari atrofida aylana bo'ylab harakat qilishi uchun uni qanday tezlik bilan otish kerak?

Ma'lumki, aylanma harakatda jismning markazga intilma tezlanishi $a = v^2/R$ ga teng edi. Agar Yer sirti yaqinida gorizontaal otilgan jism R radiusli Yer sharini v_I tezlik bilan aylansa, a o'rniga g erkin tushish tezlanishini olish mumkin. U holda $g = v_I^2/R$ formuladan:

$$v_I^2 = gR. \quad (2)$$

Bu formulada erkin tushish tezlanishi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ va Yer sharining radiusi $R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$ ekanligidan tezlik v_I ni aniqlash mumkin:

$$v_I \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s} \text{ yoki } v_I \approx 7,9 \text{ km/s}. \quad (3)$$



76-rasm. Birinchi kosmik tezlikka erishish.



Yer sirti yaqinida gorizontaal yo'nalishda 7,9 km/s tezlikda otilgan jism Yer shari atrofida aylana bo'ylab harakatlanadi. Tezlikning bu qiymati birinchi kosmik tezlik deb ataladi.

Masala yechish namunasi

Bola baland qoyada turib ko'l tomon gorizontaal yo'nalishda 15 m/s tezlik bilan tosh otdi. Oradan 2 s o'tgandan keyin tosh suvga borib tushgani ma'lum bo'ldi. Ko'l suvi sathidan bola turgan qoyaning balandligini toping. Tosh harakat proyeksiyasi bo'yicha qancha masofaga borib tushgan? Toshni otish chog'ida bolaning qo'li qoyadan 1 m balandlikda ekanligini hisobga oling. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

Berilgan:

$$\begin{aligned} v_0 &= 15 \text{ m/s}; \\ t &= 2 \text{ s}; h_0 = 1 \text{ m}; \\ g &= 10 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Topish kerak:

$$h_1 - ? \quad s - ?$$

Formulasi:

$$\begin{aligned} h &= \frac{gt^2}{2}; \\ h_1 &= h - h_0; \\ s &= v_0 t. \end{aligned}$$

Yechilishi:

$$\begin{aligned} h &= \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ m} = 20 \text{ m}; \\ h_1 &= (20 - 1) \text{ m} = 19 \text{ m}; \\ s &= 15 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s} = 30 \text{ m}. \end{aligned}$$

Javob: $h_1 = 19 \text{ m}; s = 30 \text{ m}.$



Tayanch tushunchalar: gorizontol otilgan jismning harakati, birinchi kosmik tezlik.



1. Gorizontol otilgan jism harakatini tahlil qilib bering.
2. Minoradan otilgan jismning minora tagidan tushgan joygacha bo'lgan masofa qanday topiladi?
3. Gorizontol otilgan jism Yer shari atrofida aylanishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
4. Birinchi kosmik tezlik nima? Uning qiymatini aytib bering.



1. Jism minoradan gorizontol yo'nalishda 8 m/s tezlik bilan otildi. Jism 3 s vaqtdan keyin yerga borib tushdi. Minoraning balandligini toping. Jism minoradan qancha uzoqlikka borib yerga tushgan? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.
2. Jism minoradan gorizontol yo'nalishda 12 m/s boshlang'ich tezlik bilan otildi va u 60 m uzoqlikka borib yerga tushdi? Jismning yerga tushish vaqtini va minoraning balandligini toping.
3. Avtomobil 80 km/h, samolyot 900 km/h tezlik bilan harakatlanoqda. Ular har birining tezligi birinchi kosmik tezlikdan necha marta kam?

31-§. YERNING SUN'Y YO'LDOSHLARI

Raketaning Yer atrofida aylanishi uchun zarur bo'lgan tezlik

Agar raketa bir necha kilometr balandlikda birinchi kosmik tezlik bilan uchsa, havoning qarshiligi va ishqalanishi tufayli qizib yonib ketadi. Havosiz bo'shliqdagina raketa shunday katta tezlikda harakatlana oladi.

Yerdan bir necha yuz kilometr balandlikdagi muhitni deyarli havosiz deyish mumkin. Shuning uchun kosmosga uchirilgan raketalar shunday balandlikda uchib yuradi. Raketa, masalan, $h = 300 \text{ km}$ balandlikda Yer atrofida aylanma harakat qilishi uchun birinchi kosmik tezlik qancha bo'lishi kerak?

Birinchi kosmik tezlikning $v_1^2 = gR$ formulasidagi R o'rniga $R + h$ masofa qo'yiladi. Yer sirtidan balandlikka ko'tarilgan sari erkin tushish tezlanishi g ning qiymati kamayib boradi. Yer sirtidan 300 km balandlikda erkin tushish tezlanishi $g = 9,0 \text{ m/s}^2$ bo'ladi. Hisoblashlarga ko'ra,

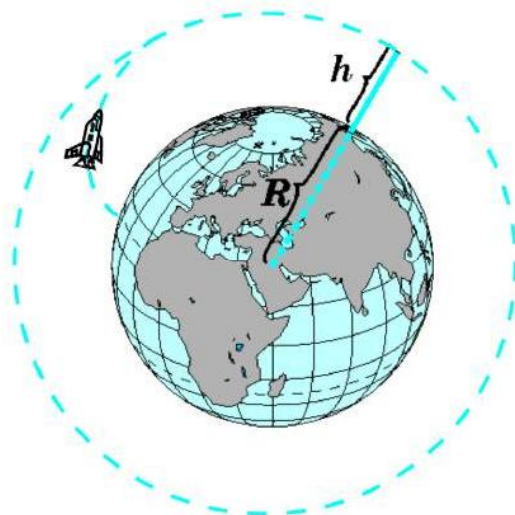
300 km balandlikda Yer shari atrofida aylana bo'ylab harakat qilishi uchun uning tezligi 7,7 km/s bo'lishi kerak.



Inson tomonidan yaratilib, fazoga uchirilgan va sun'iy ravishda Yerning yo'ldoshiga aylantirilgan raketa, kosmik kemalar Yerning sun'iy yo'ldoshi deb ataladi.

Raketa Yerning sun'iy yo'ldoshiga aylanishi uchun kamida 300 km balandlikka olib chiqiladi. Buning uchun raketaga kamida 7,7 km/s tezlik beriladi.

Sun'iy yo'ldoshni uchirish uchun uni eltuvchi-raketa yordamida kerakli balandlikka chiqariladi. Ma'lum vaqtda raketaning tezligi birinchi kosmik tezlikkacha oshira boriladi va yo'nalishi gorizontal holatga o'ta boradi (77-rasm).



77-rasm. Raketaning h balandlikda orbita bo'ylab harakat trayektoriyasi.

Kosmosning zabt etilishi

Insoniyat tarixida birinchi marta 1957-yil 4-oktabrda 83 kg massali raketa quvvatli eltuvchi-raketa yordamida zaruriy balandlikka olib chiqilib, unga birinchi kosmik tezlik berishga erishilgan. Shar shaklidagi bu raketa Yer atrofida aylana boshlagan, ya'ni sun'iy yo'ldoshga aylangan.

1961-yil 12-aprelda birinchi marta inson kosmosga uchdi. Yerdan ko'tarilib, sun'iy yo'ldoshga aylantirilgan kosmik kemada **Yuriy Gagarin** sayyoramizni bir marta aylanib, Yerga eson-omon qaytib tushgan. Shu davrdan e'tiboran kosmosni zabt etish va keng ko'lamda o'rganish boshlanib ketdi. Yuzlab kosmonavtlar va astronavtlar kosmik kemalarda Yer atrofini orbita bo'ylab aylanib, turli tadqiqotlarni o'tkazdilar.

Kosmosni zabt etishda yana bir buyuk yutuq – 1969-yil 21-iyunda astronavtlar **N. Armstrong** va **E. Oldrin** boshqargan kosmik kema Oyga ohista qo'ndi, inson ilk bor Oyga qadam qo'ydi.

Kosmosni zabt etishda o'lkamizda tug'ilib, voyaga yetgan kosmonavtlar ham munosib hissa qo'shganlar. Toshkent viloyatining Iskandar qishlog'ida tug'ilgan uchuvchi-kosmonavt Vladimir Jonibekov 5 marta (1978, 1981,



Toshkentda kosmonavt Vladimir Jonibekovga o'rnatilgan byust.



Kosmonavt Solijon Sharipov.

1982, 1984, 1985-yillarda) kosmosga parvoz qilib, orbita bo'ylab jami 145 kun bo'lgan. Shu davrda ikki marta ochiq kosmosga chiqib, kosmik apparatning sirtqi qismini ta'mirlashda ishtirok etgan. Kosmonavtika sohasidagi buyuk xizmatlari uchun ikki marta Qahramon unvoniga sazovor bo'lgan (1978 va 1981-yillarda). 1985-yilda aviatsiya general-mayori harbiy unvoni berilgan. O'zbekistonlik uchuvchi-kosmonavtga Toshkentda byust o'rnatilgan.

1998-yil 22-yanvarda xalqaro ekipaj tarkibida Qirg'izistonning O'sh shahrida tug'ilgan o'zbek o'g'loni Solijon Sharipov Amerika Qo'shma Shtatlari kosmik kemasida kosmosga uchdi. 2004-yilda S. Sharipov ikkinchi marta kosmosga parvoz qildi. Bu gal u Rossiya kosmik kemasida uchib, uzoq muddat davomida kosmosda tadqiqot ishlarini olib borishda ishtirok etdi.

Hozirgi paytda kosmonavtika benihoya rivojlangan. Yer atrofida turli mamlakatlarning ko'plab Yerdan boshqariladigan sun'iy yo'ldoshlari uchib yuribdi. Ular yordamida koinotni tadqiq qilish bilan birga, Yer yuzining ob-havosi, Yerdagi turli jarayonlar muntazam o'rganib boriladi. Teleko'rsatuv va radioeshittirishlarni, uyali telefon aloqalarini Yer yuzi bo'ylab uzatish ham sun'iy yo'ldoshlar orqali amalga oshiriladi.

Quyosh sistemasining barcha sayyoralari tomon Yerdan boshqariladigan raketalar uchirilgan. Ular boshqa sayyoralardan turli ma'lumot-

larni Yerga yetkazib turgan.

Biz o'tgan mavzular orqali birinchi kosmik tezlikni va uning qiymatini bilib oldik. Ikkinchi va uchinchi kosmik tezliklar ham mavjud. Hisoblashlarga ko'ra, ikkinchi kosmik tezlik $v_{II} = 11,2 \text{ km/s}$ ga teng. Sun'iy yo'ldoshning tezligi ikkinchi kosmik tezlikka yetkazilsa, u Yer orbitasidan

chiqib ketadi va Quyosh atrofida orbita bo'ylab harakat qila boshlaydi. Bu holda u Quyoshning sun'iy yo'ldoshiga aylanib qoladi.

Agar raketa Yerning Quyosh atrofidagi orbita bo'ylab harakati yo'nalishida $v_{III} = 16,7$ km/s tezlik bilan uchirilsa, raketa uchinchi kosmik tezlikka erishadi va u Quyosh sistemasini tark etadi.



Tayanch tushunchalar: raketa, sun'iy yo'ldosh, kosmos, kosmik kema, ikkinchi kosmik tezlik, uchinchi kosmik tezlik.

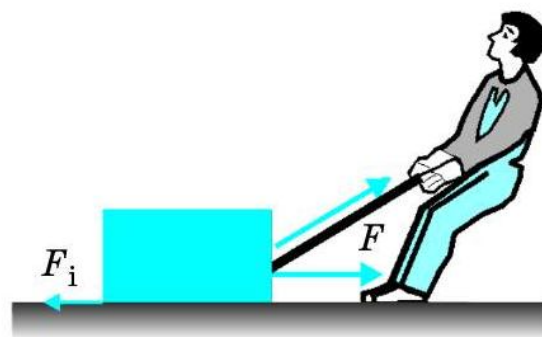


1. Raketa 300 km balandlikda Yer atrofida aylanishi uchun birinchi kosmik tezlik qancha bo'lishi kerak?
2. Yerning sun'iy yo'ldoshi nima?
3. Yerning sun'iy yo'ldoshi qanday uchiriladi?
4. Kosmosning zabt etilishi va o'rganilishini gapirib bering.
5. Ikkinchi va uchinchi kosmik tezliklar haqida nimalarni bilasiz?

32-§. ISHQALANISH KUCHI. TINCHLIKDAGI ISHQALANISH

Ishqalanish kuchi

Mexanikada o'rganiladigan yana bir kuch – bu ishqalanish kuchidir. Yerda turgan yukni sudrash uchun unga harakat yo'nalishida F kuch bilan ta'sir etish kerak (78-rasm). Bunda yukning harakatlani-shiga qarshilik qiluvchi va harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan F_i kuch paydo bo'ladi.

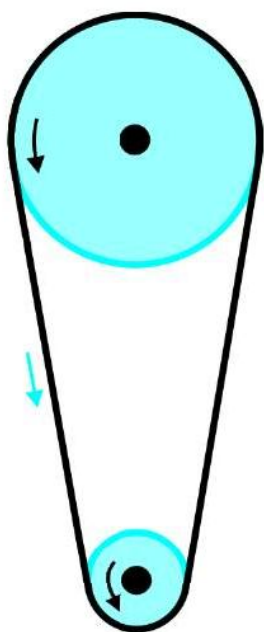


78-rasm. Ishqalanish kuchining namoyon bo'lishi.



Jismning boshqa jism yuzasi bo'ylab harakatlanishida paydo bo'ladigan va harakatga qarshi yo'nalgan kuch ishqalanish kuchi deb ataladi.

Stol ustida taxlanib turgan kitoblarni surish uchun kuch bilan ta'sir etishimiz kerak. Muz ustida harakatlanayotgan xokkey shaybasi, motori o'chirilgan avtomobil sekinlashib boradi va to'xtaydi. Avtomobilga tormoz berilsa, u tezda to'xtaydi. Bu keltirilgan misollarda kitob bilan stol sirti,



79-rasm. Shkivda ishqalanishning namoyon bo'lishi.

shayba bilan muz sirti, avtomobil g'ildiragi bilan aylanish o'qi, shina bilan asfalt orasida ishqalanish kuchi vujudga keladi. Tasmali uzatma ham ishqalanish tufayli shkivlarni aylantiradi (79-rasm).



Ishqalanish kuchi hosil bo'lishining birinchi sababi – bir-biriga tegib turadigan jismlarning g'adir-budirlikidir.

Hatto, juda silliq ko'rinadigan jismlarning sirtlarida ham g'adir-budirliklar va tirnalgan joylar bo'ladi. Masalan, muz juda silliq ko'rinadi. Lekin lupada qaralsa, uning g'adir-budirliklari ko'rinadi.

Bir jism ikkinchi jismning sirtida sirpanganda yoki dumalaganda bu g'adir-budirliklar bir-biriga ilashib, harakatlanishga to'sqinlik qiluvchi kuchni vujudga keltiradi.



Ishqalanish kuchi hosil bo'lishining ikkinchi sababi — bir-biriga tegib turadigan yuzasidagi jismlar molekulalarining o'zaro tortishishidir.

Agar jismlarning sirtlari yaxshi silliqlangan bo'lsa, jismlar bir-biriga tekkanida ular sirtidagi molekulalar bir-biriga juda yaqin bo'ladi. Bunda bir-biriga tegib turgan jism molekulalari orasida tortishish kuchlari sezilarli bo'ladi.

Jismlarning bir-biriga ishqalanish hodisalarini uch turga bo'lish mumkin: *tinchlikdagi ishqalanish*, *sirpanish ishqalanish* va *dumalash ishqalanish*.

Tinchlikdagi ishqalanish

Jism nisbiy tinchlikda turganda ishqalanish kuchi uni bir joyda ushlab turadi va u jismning joyidan qo'zg'alishiga to'sqinlik qiladi. Bu kuch *tinchlikdagi (tinch holatdagi) ishqalanish kuchidir*.

Transportyor yordamida yuklarni qiyalik bo'yicha yuqoriga olib chiqish mumkin. Bunda yuk sirti bilan transportyor tasmasi sirti orasidagi tinchlikdagi ishqalanish kuchi yukni ushlab turadi (80-rasm).

Xonadagi stol-stullar, jovonlar va boshqa jihozlar tinchlikdagi ishqalanish kuchi tufayli polda qimirlamay turadi. Agar ishqalanish kuchi bo'lmaganda ularni turtib yuborilgan zahoti xona ichida harakatga kelib sirpanib yurar edi.

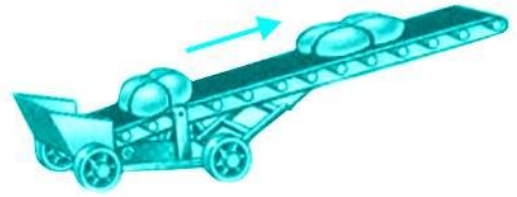
Pol ustida turgan jismni gorizontaal yo'nalishda harakatga keltirish, ya'ni qo'zg'atish uchun unga tinchlikdagi ishqalanish kuchiga teng va qarama-qarshi yo'nalgan kuch bilan ta'sir etishimiz kerak.

Yurganimizda oyoq kiyimining tag sirti bilan yer sirti o'rtasida tinchlikdagi ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Ishqalanish kuchi bo'lmaganida biz yura olmas edik, muz ustida yurgandek sirpanib ketardik. Biz yerni orqaga F kuch bilan itaramiz. Ishqalanish kuchi F_i esa harakatimiz yo'nalishida bo'lib, miqdor jihatdan F kuchga teng (81-rasm).

Yurganimizda yerni orqaga itarishimizni tasavvur qilish uchun sportchilar mashq qiladigan rolikli yo'lkachani misol qilib keltirish mumkin. Bunda sportchi oldinga yugurmoqchi bo'lsa, yo'lka orqaga harakat qiladi (82-rasm).

Avtomobil shinasi ham yerni orqaga itaradi. Shina sirti bilan yer sirti orasida tinchlikdagi ishqalanish hosil bo'lishi tufayli g'ildirak sirpanmasdan avtomobilni oldinga harakatlantiradi.

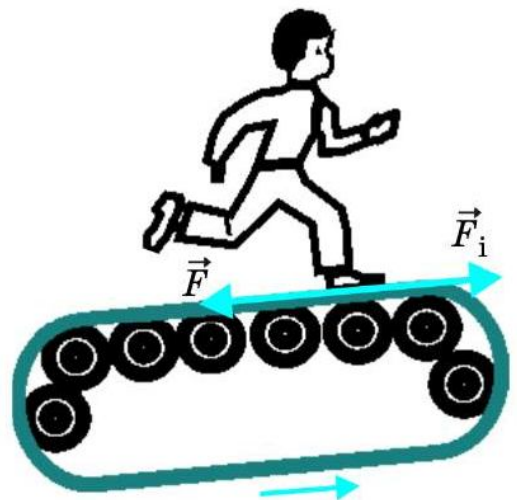
Tinchlikdagi ishqalanish kuchini o'lchash mumkin. Agar taxtachani (jismni) gorizontaal sirtga qo'yib, dinamometr bilan tortsak, jism joyidan qo'zg'almasa-da, dinamometrning ko'rsatkichi orta boradi va ma'lum maksimal $F = F_{i(t)}$ qiymatga yetganida jism joyidan qo'zg'aladi (83-a rasm). Bunda $F_{i(t)}$ – tinchlikdagi ishqalanish kuchi.



80-rasm. Transportyorda yukni yuqoriga chiqarish.



81-rasm. Yurganda ishqalanishning namoyon bo'lishi.



82-rasm. Ishqalanish tufayli yo'lkaning orqaga harakati.



Jismning tinch holatdan harakatga kelishi paytidagi ishqalanish kuchi *tinchlikdagi ishqalanish kuchi* deyiladi.



Tayanch tushunchalar: ishqalanish kuchi, tinchlikdagi ishqalanish, tinchlikdagi ishqalanish kuchi.



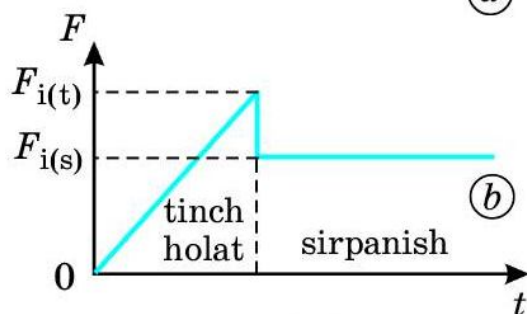
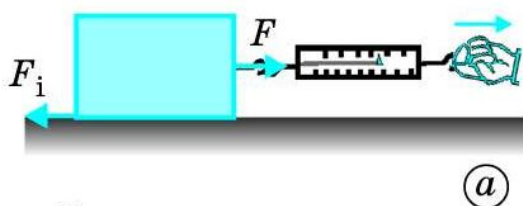
1. Ishqalanish kuchi ta'rifini aytib bering. Ishqalanish kuchi qaysi tomonga yo'nalgan bo'ladi?
2. 78- va 79-rasmlar misolida ishqalanish kuchining hosil bo'lishi sabablarini tushuntiring.
3. Tinchlikdagi ishqalanish kuchi deb nimaga aytiladi?
4. Atrofingizda uchraydigan tinchlikdagi ishqalanishlar qanday sodir bo'ladi?

33-§. SIRPANISH ISHQALANISH. DUMALASH ISHQALANISH

Sirpanish ishqalanish



Bir jism ustida boshqa jism sirpanganda ishqalanish vujudga keladi. Bunday ishqalanish sirpanish ishqalanish deyiladi.



83-rasm. Tinchlikdagi va sirpanish ishqalanishning namoyon bo'lishi (a) va ularning grafigi (b).

Masalan, stol ustidagi kitobni surganda sirpanish ishqalanish hosil bo'ladi.

83-a rasmda tasvirlangan jismni dinamometr yordamida tortib joyidan qo'zg'atamiz. Jism joyidan qo'zg'alish paytida dinamometrning ko'rsatishi keskin kamayadi. Dinamometrni tortish orqali jismni tekis harakatlantirsak, dinamometrning ko'rsatishi o'zgarmay qoladi. Dinamometr ko'rsatishining ana shu o'zgarmas qiymati sirpanish ishqalanish kuchi $F_{i(s)}$ ga teng bo'ladi. Demak, sirpanish ishqalanish kuchi tinchlikdagi ishqalanish kuchidan kichik bo'ladi (83-b rasm).

Tajriba ko'rsatishicha, gorizontaal yo'nalishda harakatlanayotgan jismga ta'sir etuvchi kuch F jismning og'irligi P ga to'g'ri proporsional. Nyutonning uchinchi qonuniga binoan sirpanish ishqalanish kuchi $F_{i(s)}$ jismga ta'sir etuvchi kuch F ga miqdor jihatdan teng bo'ladi. Demak, sirpanish ishqalanish kuchi $F_{i(s)}$ ham jismning og'irligi P ga to'g'ri proporsionaldir:

$$F_{i(s)} = \mu P, \quad (1)$$

bunda μ – sirpanish ishqalanish koefitsienti bo'lib, uning qiymati bir-biriga ishqalanuvchi jismlarning materialiga, sirtlarining silliqligiga va boshqalarga bog'liq. Ba'zi juft materiallar uchun sirpanish ishqalanish koefitsienti 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

№	Materiallar	μ	№	Materiallar	μ
1	Mis bilan muz	0,02	5	Bronza bilan cho'yan	0,2
2	Po'lat bilan muz	0,04	6	Yog'och bilan yog'och	0,4
3	Po'lat bilan po'lat	0,12	7	Charm bilan cho'yan	0,6
4	Po'lat bilan bronza	0,15	8	Rezina bilan beton	0,75

Dumalash ishqalanish

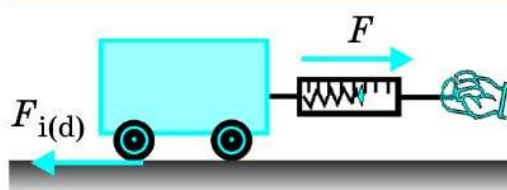


Agar bir jism ikkinchi jism ustida sirpanmasdan dumalasa, bunda hosil bo'lgan ishqalanish *dumalash ishqalanish* deyiladi.

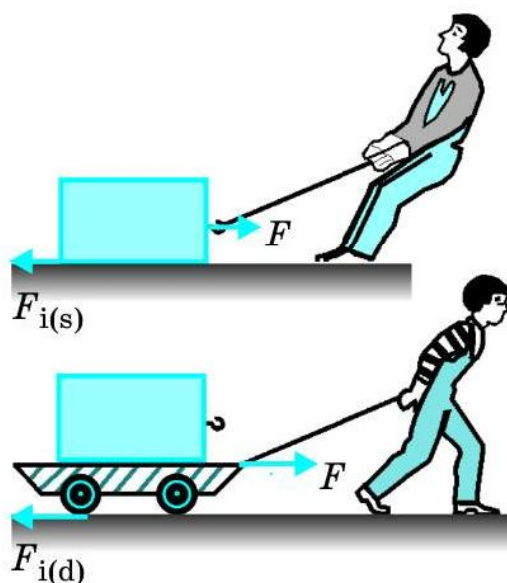
G'ildiraklar g'ildiraganda, bochka yoki g'o'lalar dumalatilganda dumalash ishqalanishi namoyon bo'ladi.

Dumalash ishqalanish hosil bo'lishining asosiy sababi g'ildirak tegib turgan sirtida og'irlik kuchining ta'sirida hosil bo'lgan deformatsiyadir. G'ildirak sirti va u dumalayotgan sirt qanchalik qattiq bo'lsa, g'ildirak dumalayotganda shuncha kam deformatsiyalanadi va dumalash ishqalanish kuchi $F_{i(d)}$ shuncha kichik bo'ladi. Shuning uchun temir yo'lning temir izlarida ishqalanish kuchi juda kichik bo'ladi.

Aravachadagi har bir g'ildirakning dumalash ishqalanish kuchini aniqlash mumkin. Buning uchun aravacha dinamometr orqali bir xil tezlikda tortiladi. Bunda aravacha g'ildiraklarining dumalash ishqalanish



84-rasm. Dumalash ishqalanish kuchini aniqlash.



85-rasm. Sirpanish (a) bilan dumalash (b) ishqalanishning qiyoslanishi.

kuchi $F_{i(d)}$ dinamometr ko'rsatgan F kuchning qiymatiga teng bo'ladi (84-rasm). Bu kuchning qiymati 4 ga bo'linsa, aravachadagi har bir g'ildirakning dumalash ishqalanish kuchi aniq bo'ladi.

Dumalash ishqalanish kuchi $F_{i(d)}$ sirpanish ishqalanish kuchi $F_{i(s)}$ dan kichik bo'ladi (85-rasm). Shuning uchun ham qadimdan odamlar og'ir yuklarni bir joydan boshqa joyga ko'chirishda g'oolalardan foydalanganlar. G'ildirak ixtiro qilingandan keyin esa undan foydalanganlar. G'ildirakning ixtiro qilinishi buyuk kashfiyotlardan biridir.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, dumalash ishqalanish kuchi $F_{i(d)}$ jismning og'irligi P ga to'g'ri proporsional, dumalayotgan jism radiusi R ga teskari proporsional bo'ladi, ya'ni:

$$F_{i(d)} = \mu_d \frac{P}{R}, \quad (2)$$

bunda μ_d – dumalash ishqalanish koeffitsienti. Uning qiymati bir-biriga ishqalanuvchi

jismlarning materialiga, sirtlarining silliqqligiga va boshqalarga bog'liq. μ_d ning qiymati po'lat bilan po'lat uchun 0,2 mm ga, avtomobil g'ildiragi rezinasi bilan asfalt uchun 2 mm ga teng.

Masala yechish namunasi

2 t massali avtomobilning g'ildiraklari bilan asfalt orasidagi dumalash ishqalanish kuchini toping. G'ildirak diametri 1 m, rezina bilan asfalt orasidagi dumalash ishqalanish koeffitsienti 2 m. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$m = 2 \text{ t} = 2000 \text{ kg};$ $D = 1 \text{ m}; \mu_d = 2 \text{ m};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$P = mg;$ $R = \frac{D}{2};$ $F_{i(d)} = \mu_d \frac{P}{R}.$	$P = 2000 \cdot 10 \text{ N} = 20000 \text{ N};$ $R = \frac{1}{2} \text{ m} = 0,5 \text{ m};$ $F_{i(d)} = 2 \cdot \frac{20000}{0,5} = 80000 \text{ N} = 80 \text{ kN}.$ Javob: $F_{i(d)} = 80 \text{ kN}.$
Topish kerak: $F_{i(d)} - ?$		



Tayanch tushunchalar: sirpanish ishqalanish, sirpanish ishqalanish kuchi, sirpanish ishqalsnish koefitsienti, dumalash ishqalsnish, dumalash ishqalanish kuchi, dumalash ishqalanish koefitsienti.



1. Sirpanish ishqalanish deb qanday ishqalanishga aytiladi?
2. Sirpanish ishqalanish kuchining formulasi qanday ifodalanadi?
3. Dumalash ishqalanish kuchini tushuntirib bering. Uning formulasi qanday ifodalanadi?
4. Dumalash ishqalanish kuchini dinamometr yordamida qanday aniqlanadi?
5. Tevarak-atrofingizda uchraydigan sirpanish ishqalanish va dumalash ishqalanish haqida nimalarni bilasiz?



1. Gorizontol holatdagi yog'och taxtaning sirtida yog'ochdan yasalgan 5 kg massali taxtacha tekis sirpantirilmoqda. Bunda hosil bo'lgan sirpanish ishqalanish kuchini toping. (Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb, ishqalanish koefitsientining qiymatini mavzudagi jadvaldan va matndan oling.)
2. Gorizontol holatdagi po'lat sirtida po'latdan yasalgan 10 kg massali jism gorizontol yo'nalishda kuch bilan tekis tortib sirpantirilmoqda. Bunda jism qanday kuch bilan tortilmoqda?
3. Gorizontol holatdagi po'lat sirtida radiusi 10 sm, massasi 3 kg bo'lgan po'lat disk tekis dumalantirilmoqda. Bunda hosil bo'lgan dumalash ishqalanish kuchini toping.
4. 3-masalada keltirilgan disk yon tomoni bilan gorizontol holatdagi po'lat sirt ustida tekis sirpantirilmoqda. Sirpanish ishqalanish kuchini toping. Uni 3-masaladagi dumalash ishqalanish kuchi bilan taqqoslang va xulosa chiqaring.

34-§. SIRPANISH ISHQALANISH KOEFFITSIENTINI ANIQLASH (3-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: yog'och chizg'ich ustida sirpanayotgan taxtachaning ishqalanish koefitsientini aniqlash yordamida sirpanish ishqalanishga oid bilimlarini mustahkamlash.

Kerakli jihozlar: uzun yog'och chizg'ich, ilgakli taxtacha, dinamometr, massasi 100 g dan bo'lgan 2 ta qadoq toshi.

Ishni bajarish tartibi

1. Tarozi yordamida taxtachaning massasini o'lchang.
2. $P = mg$ formuladan foydalanib, taxtachaning og'irligini toping.
3. Gorizontol holatdagi yog'och chizg'ich ustiga taxtachani qo'ying. Taxtachaga dinamometrni ilib, uni chizg'ich bo'ylab tekis sirpantiring va dinamometrning ko'rsatishini $F_{i(s)}$ sirpanish ishqalanish kuchiga teng deb olib, uni jadvalga yozing.

4. $\mu = \frac{F_{i(s)}}{P}$ formuladan foydalanib, sirpanish ishqalanish koeffitsientini hisoblang.

5. Taxtacha ustiga avval 100 g li, so'ngra 200 g li qadoq toshlarini qo'yib, tajribani takrorlang. Ular uchun ham sirpanish ishqalanish kuchini toping. Natijalarni jadvalga yozing.

6. $\mu_{o'rt} = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3)/3$ formuladan foydalanib, sirpanish ishqalanish koeffitsientining o'rtacha qiymatini hisoblang va natijani 4-jadvalga yozing.

4-jadval

Nº	m, kg	P, N	$F_{i(s)}, \text{N}$	μ	$\mu_{o'rt}$
1.					
2.					
3.					



1. Dinamometr yordamida sirpanish ishqalsnish kuchi qanday aniqlanadi?
2. Nima sababdan dinamometrning ko'rsatishini miqdor jihatdan sirpanish ishqalanish kuchiga teng deb olish mumkin?
3. Laboratoriya ishi natijasini tahlil qiling va xulosa chiqaring.

35-§. TABIATDA VA TEXNIKADA ISHQALANISH

Ishqalanishning ahamiyati

Tabiatda va texnikada ishqalanish katta ahamiyatga ega. Ishqalanish foydali yoki zararli bo'lishi mumkin. Ishqalanish foydali bo'lganda uni oshirishga, zararli bo'lganda esa kamaytirishga harakat qilinadi.

Ishqalanish bo'lmaganda nima bo'lishini tasavvur qilib ko'raylik. Ishqalanish bo'lmaganda odamlar ham, hayvonlar ham yerda yura olmas edilar. Yurayotganimizda oyoqlarimiz bilan yerdan itarilamiz. Ishqalanish kam bo'lgan muz ustida yurish qiyinligini bilasiz. Ishqalanish bo'lmaganda edi, buyumlar qo'limizdan sirpanib tushib ketardi.

Avtomobilga tormoz berilganda ishqalanish kuchi uni to'xtatadi. Tinchlikdagi ishqalanishsiz u harakatlana olmas edi, g'ildiraklar aylanaverardi, avtomobil esa joyida turaverardi. Ishqalanishni oshirish uchun avtomobil shinalarining sirti bo'rttirib ishlanadi.

Tinch holatdagi ishqalanish kuchi polda turgan stol-stul va shkaflarni tutib turadi, taxtaga qoqilgan mixni ushlab turadi, bog'langan arqonning yechilib ketishiga yo'l qo'ymaydi.

O'simlik va hayvonlarda turli xil organlari ishqalanish tufayli tutib qolish vazifasini bajaradi. Masalan, o'simliklarning chirmoviqlari, filning xartumi, o'rmalab chiqadigan hayvonlarning dumi g'adir-budur sirtga ega bo'ladi.

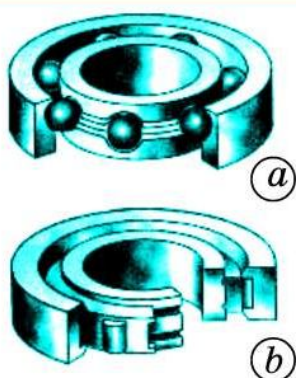
Zararli ishqalanish va uni kamaytirish

Bir-biri ustida harakatlanadigan sirtlarda hosil bo'ladigan ishqalanishlar ko'p hollarda zararli bo'ladi. Bunday hollarda ishqalanishni kamaytiradigan turli vositalar qo'llaniladi. Masalan, mashina va stanoklarda ishqalanish tufayli harakatlanuvchi qismlari qiziydi va yeyiladi. Ishqalanishni kamaytirish uchun bir-biriga tegib turuvchi sirtlar silliq- lanadi, ularning oralari moylanadi.

Ishqalanishni kamaytirish maqsadida avtomobil, velosiped va stanoklarning aylanuvchi vallariga podshipniklar kiydiriladi. Podshipnikning valga bevosita tegib turadigan qismi – vkladish po'lat, cho'yan yoki bronzadan yasaladi. Vkladishning ichki sirtiga qo'rg'oshin yoki qalayning turli qotishmalari qoplanadi va moylanadi. Val aylanganda u vkladish ustida sirpanadi. Bunday podshipniklar sirpanish podshipniklari deyiladi.

Sirpanish podshipnigi val va vkladish orasidagi sirpanish ishqalanish kuchini kamaytirishga xizmat qiladi.

Dumalash ishqalanish kuchi sirpanish ishqalanish kuchidan ancha kam bo'lganligi texnikada qo'l keladi. Sharikli va rolikli podshipniklarning



86-rasm. Sharikli (a) va rolikli (b) podshipniklar.

qo'llanilishi dumalash ishqalanish kuchining kamligiga asoslangan. Bunday podshipniklarda aylanayotgan val podshipnikning qo'zg'almas vkladishida sirpanmasdan, balki po'lat sharchalar va roliklar ustida dumalaydi (86-rasm).

Podshipnikning qattiq po'latdan tayyorlangan ichki halqasi valga o'tkazilgan bo'ladi. Tashqi halqasi esa mashina korpusiga mahkamlangan. Val aylanganda ichki halqa sharchalar yoki roliklarda dumalaydi. Sharchalar va roliklar halqalar orasiga joylashtirilgan bo'ladi. Sharikli yoki rolikli podshipniklar qo'llanilganda ularning ishqalanish kuchi sirpanish podshipniklariga qaraganda 20–30 marta kam bo'ladi.

Qiyalikdan tushayotgan velosiped pedalini aylantirilmasa ham uning g'ildiragi bemalol aylanaveradi. Chunki velosiped g'ildiragi valiga sharikli yoki rolikli podshipnik kiydirilgan bo'ladi. Agar podshipnik bo'lmaganida velosipedni yurgizish qiyin bo'lardi.

Avtomobillar, stanoklar, elektr dvigatellar va boshqalarning aylanuvchi qismlarida sharikli va rolikli podshipniklar qo'llaniladi. Hozirgi zamon sanoati va transportini bunday podshipniklarsiz tasavvur qilib bo'lmaydi. Fan-texnikaning yuksak taraqqiyoti davrida ishqalanish kuchi nihoyatda kam bo'lgan podshipniklar ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan.



Tayanch tushunchalar: podshipnik, vkladish, sirpanish podshipnigi, sharikli va rolikli podshipniklari.



1. Tabiatda va atrofimizda ishqalanish kuchi yo'q deb tasavvur qiling va mulohazalaringizni aytib bering.
2. Qanday zararli ishqalanishlarni bilasiz?
3. Avtomobil g'ildiragining qaysi qismida ishqalanish foydali, qaysi qismida zararli?
4. Sirpanish podshipnigining tuzilishi va ishlash mohiyatini gapirib bering.
5. Nima uchun sirpanish podshipniklari dumalash podshipniklarga nisbatan kam qo'llaniladi?
6. Sharikli va rolikli podshipniklarning tuzilishi va ishlash tamoyilini gapirib bering.
7. Podshipniklarning qo'llanilishi haqida nimalarni bilasiz?

V BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Tashqi kuch ta'sirida jismlarning shakli va hajmi o'zgarishi, ya'ni deformatsiyalanishi mumkin.
- ◆ Tashqi ta'sir to'xtagandan keyin deformatsiyalangan jism dastlabki holatiga qaytsa, bunday jismlar elastik jism, aks holda plastik jism bo'ladi.
- ◆ Guk qonuni: Jismning elastik deformatsiyasi unga qo'yilgan tashqi kuchga to'g'ri proporsional, ya'ni: $F_{el} = -k\Delta l$.
- ◆ Butun olam tortishish qonuni: Ikki jismning o'zaro tortishish kuchi ularning massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va ular orasidagi masofa kvadratiga teskari proporsional, ya'ni: $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$.
- ◆ Og'irlik kuchi – jismlarning Yerga tortilish kuchi. Uning formulasi: $F_{og} = mg$.
- ◆ Jismning og'irligi – Yerga tortilishi tufayli jismning tayanchga yoki osmaga ta'sir etadigan kuchi. Tinch holatda turgan jismning og'irligi: $P = mg$. a tezlanish bilan tik ravishda harakatlanayotgan jismning og'irligi: $P = m(g - a)$. $a = g$ da vaznsizlik holati kuzatiladi.
- ◆ Vaznsizlik – jismning faqat gravitatsion kuchlar ta'siridagi erkin harakati.
- ◆ Birinchi kosmik tezlik – Yerning tortish kuchi ta'sirida jismning Yer atrofida aylana bo'ylab harakatlanishi uchun zarur bo'lgan tezlik. Uning qiymati: $v_I = 7,9$ km/s.
- ◆ Yerning sun'iy yo'ldoshi – inson tomonidan yaratilib, fazoga uchirilgan va Yerning yo'ldoshiga aylantirilgan raketa, kosmik kemalar.
- ◆ Jism boshqa bir jism sirtida erkin harakatlanishiga ishqalinish kuchi qarshilik qiladi. Ishqalanish kuchi jism harakatiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.
- ◆ Jismlarning ishqalanishini uch turga – tinchlikdagi ishqalanish, sirpanish ishqalanish va dumalash ishqalanishga bo'lish mumkin.

- ◆ Tinchlikdagi ishqalanish kuchi jismni bir joyda ushlab turadi va joyidan qo'zg'alishiga qarshilik qiladi.
- ◆ Sirpanish ishqalanish jism ustida boshqa jism sirpanganda namoyon bo'ladi. Sirpanish ishqalanish kuchi jismning og'irligiga proporsional bo'ladi: $F_{i(s)} = \mu P$.
- ◆ Jism boshqa jism ustida dumalasa, dumalash ishqalanish namoyon bo'ladi. Dumalash ishqalanish kuchi dumalayotgan jismning og'irligiga to'g'ri proporsional, radiusiga teskari proporsional bo'ladi: $F_{i(d)} = \mu_d \frac{P}{R}$.

V BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. 2 N kuch ta'sirida 10 sm ga uzaygan rezinaning bikirligini toping.
2. Prujinali taroziga 1 kg yuk osilganda uning prujinasi 8 sm ga uzaygan. Prujinaning bikirligini toping. Ushbu va keyingi tegishli mashqlarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
3. Bikirligi 60 N/m bo'lgan prujinaga yuk osilganda u 5 sm ga uzaydi. Prujinaga osilgan yukning massasini toping.
4. Bikirligi 10 N/m bo'lgan rezinaga 60 g yuk osilganda u qanchaga uzayadi?
5. Uzunliklari bir xil bo'lib, bir uchlari birlashtirilgan ikkita prujinaning bo'sh uchlariidan ushlab tortildi. Bunda bikirligi 120 N/m bo'lgan prujina 4 sm ga uzaydi. Ikkinchi prujina 3 sm ga uzaygan bo'lsa, uning bikirligi qancha bo'ladi?
6. Massasi 1200 kg bo'lgan avtomobilni $0,3 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan shatakka olganda bikirligi 40 kN/m bo'lgan trosning qanchaga cho'zilishini toping. Ishqalanish kuchini hisobga olmang.
7. Massalari 1200 kg dan bo'lgan ikki avtomobil massa markazlari orasidagi masofa 5 m ga teng. Avtomobillar bir-birini qanday kuch bilan tortishadi?
8. Bir-biridan 50 m masofada turgan 8 000 t va 12 500 t massali ikkita kemanding o'zaro tortishish kuchi kattaligini toping.

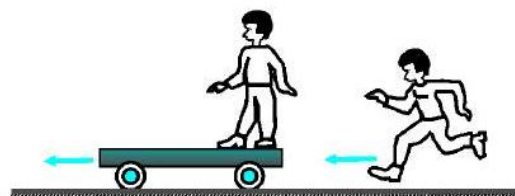
9. 26-§ da keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib, Quyosh va Yer orasidagi tortishish kuchini toping.
10. Massasi 100 t bo'lgan uy Yerga qanday kuch bilan tortiladi? Uyning og'irligi qancha?
11. Yer sirtida tinch turgan yuk mashinasining og'irligi 100 kN ga teng. Yuk mashinasining massasini toping.
12. Tayanchga mahkamlangan prujinaga 150 g massali jism osilgan. Jismga ta'sir etadigan og'irlik kuchi va prujinaning elastiklik kuchi o'zaro muvozanatlashganda jismning og'irligi nimaga teng bo'ladi?
13. Jism minoradan gorizontal yo'nalishda 8 m/s boshlang'ich tezlik bilan otildi va u minoradan 40 m uzoqlikka borib yerga tushdi. Jismning yerga tushish vaqtini va minoraning balandligini toping.
14. Yer sirtida turgan 1 kg massali jismning og'irlik kuchi nimaga teng?
15. Lift 5 m/s² tezlanish bilan yuqoriga harakat qila boshladi. Shu paytda lift ichidagi 45 kg massali bolaning og'irligi qancha bo'ladi?
16. Lift 5 m/s² tezlanish bilan pastga harakat qila boshladi. Shu paytda lift ichidagi 45 kg massali bolaning og'irligi qancha bo'ladi?
17. Gorizontal holatdagi yog'och taxtaning sirtida yog'ochdan yasalgan 1 kg massali taxtacha tekis sirpantirilmoqda. Bunda hosil bo'lgan sirpanish ishqalanish kuchini toping. $\mu = 0,4$ deb oling.
18. Asfalt yo'lda tekis harakatlanayotgan 1200 kg massali avtomobil g'ildiraklarining birgalikdagi dumalash ishqalanish kuchini toping. G'ildiraklarining radiusi 30 sm. $\mu_d = 0,1$ sm deb oling.
19. Massasi 1200 kg bo'lgan avtomobil tormozlanib, g'ildiraklari dumalamasdan tekis sirpanayotgan bo'lsa, shinalari bilan asfalt orasida hosil bo'lgan sirpanish ishqalanish kuchini toping. $\mu = 0,75$ deb oling.
20. Massasi 0,5 kg bo'lgan brusok ustiga 7 kg yuk qo'yib gorizontal sirtida prujina orqali tortilmoqda. Taxtaning gorizontal sirtga ishqalanish koeffitsienti 0,2 ga, prujinaning bikirligi 150 N/m ga teng bo'lsa, prujina qanchaga cho'ziladi?

SAQLANISH QONUNLARI

Agar jismga qo'yilgan kuchlar ma'lum bo'lsa, Nyuton qonunlari mexanika masalalarini yechishga imkon beradi. Lekin ko'p hollarda bu kuchlar noma'lum bo'lgani uchun Nyuton qonunlarini bevosita qo'llab bo'lmaydi. Masalan, ikki jism to'qnashishida namoyon bo'ladigan kuchlarning qiymatlarini aniqlash qiyin. Bunda elastiklik kuchlari vujudga kelishini bilamiz. Lekin bunday hollarda yuzaga keladigan deformatsiya-lanish juda murakkabdir. Kuchlarning ta'sir etish vaqti ham juda qisqa bo'ladi. Bu kabi hollarda masalani yechish uchun Nyuton qonunlaridan kelib chiqadigan natijalardan, xususan, yangi fizik kattaliklar – *impuls* va *energiya* kattaliklaridan foydalaniladi. Bu kattaliklar *saqlanish* xossasiga ega.

Impuls va energiyaning saqlanish qonunlari fizikaning barcha bo'limlariga tegishli bo'lib, tabiatning eng muhim qonunlaridir.

VI bob. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI



VII bob. ENERGIYA. ENERGIYANING SAQLANISH VA AYLANISH QONUNI



VI bob. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI



36-§. IMPULS

Kuch impulsi

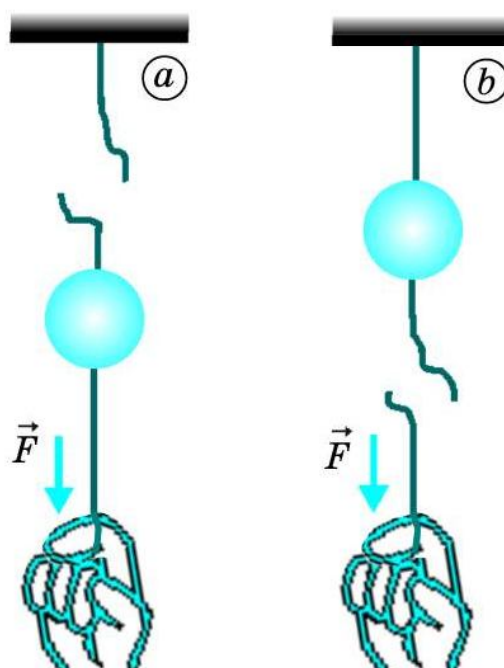
Impuls lotincha *impulsus* so'zidan olingan bo'lib, *turtki* degan ma'noni bildiradi. Jismlarning o'zaro ta'siri natijasi kuchdan tashqari ta'sirlashish vaqtining davomiyligiga ham bog'liq. Bunga ishonch hosil qilish uchun quyidagi tajribalarni o'tkazib ko'raylik.

1-tajriba. Osmaga jismni ip orqali 87-rasmda ko'rsatilgandek osib qo'yaylik. Birinchi galda jismning ostiga bog'langan ipni sekin-astalik bilan pastga tortamiz. Bunda jismni tayanch bilan bog'lab turgan ip uziladi. Ikkinchi galda ipni tez, ya'ni siltab pastga tortamiz. Bunda jism ostidagi ip uzilishiga guvoh bo'lamiz.

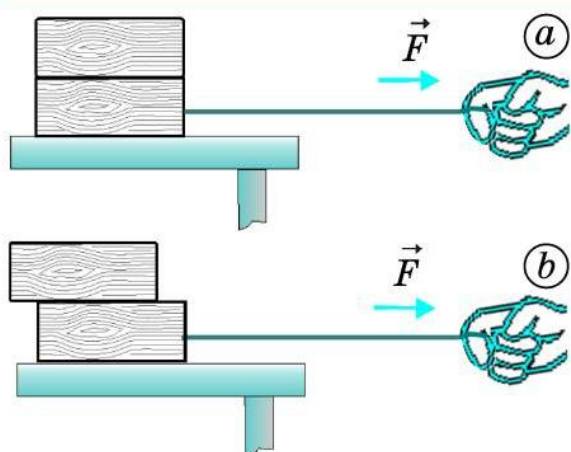
2-tajriba. Stol ustiga sirtlari silliq bo'lgan ikkita taxtachani ustma-ust qo'yaylik. Ostdagi taxtachaga ip bog'langan bo'lsin.

Birinchi galda ostdagi taxtachani sekin-asta tortamiz. Bunda ostki va ustki taxtacha bir-biriga nisbatan siljimasdan stol ustida sirpanadi. Ikkinchi galda ostdagi taxtachani tez, ya'ni siltab tortamiz. Bu holda ustki taxtacha ostki taxtacha ustida sirpanib orqaroqda qoladi yoki tushib ketadi (88-rasm).

Tajribalardan xulosa chiqarish mumkinki, jismlarning o'zaro ta'siri natijasi faqat kuchga emas, balki uning ta'sir vaqti davomiyligiga ham



87-rasm. Sekin-asta (a) va siltab (b) tortilganda ipning uzilishi.



88-rasm. Sekin-asta (a) va siltab (b) tortilganda ustki taxtaching holati.

bog‘liq. Shuning uchun kuch impulsi degan kattalik kiritilgan.



Kuch impulsi jismga ta’sir etayotgan kuchning shu kuch ta’sir etgan vaqtga ko‘paytmasiga teng.

Ya’ni:

$$\vec{I} = \vec{F}t. \quad (1)$$

Xalqaro birliklar sistemasida kuch impulsining birligi **nyuton · sekund** (N · s). 1 N · s li impuls – bu 1 s davomida ta’sir etuvchi 1 N kuch impulsidir.

Kuch impulsi vektor kattalik bo‘lib, uning yo‘nalishi kuchning yo‘nalishida bo‘ladi.

Jism impulsi

Kamdan kam uchrasa-da, avtomashinalarning to‘qnashib ketishi, ba’zi hollarda yo‘l chetidagi simyog‘och, daraxt yoki boshqa narsalarga borib urilishi sodir bo‘lib turadi. Masalan, agar avtomobil 30 km/soat tezlikda yo‘l chetidagi simyog‘ochga urilsa, simyog‘och shikastlanishi yoki yiqilishi mumkin. Agar shunday tezlikda kelayotgan velosiped simyog‘ochga urilsa, simyog‘och shikastlanmaydi. Chunki velosipedning (haydovchi bilan birgalikda) massasi avtomobilning massasidan ancha kichik.

Agar avtomobilning tezligi katta, masalan, 90 km/soat bo‘lsa, simyog‘ochga urilish zarbi tezligi 30 km/soat bo‘lgandagiga nisbatan ancha katta bo‘ladi.

10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 10 g massali jismning devorga urilish zarbi xuddi shunday tezlik bilan harakatlanayotgan 100 g massali jismning urilish zarbidan kichik bo‘ladi.

Miltiq otilganda uning 10 g massali o‘qi 600 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda deylik. O‘q bunday tezlik bilan yupqa taxtani teshib o‘tadi. Chunki katta tezlikda harakatlanayotgan 10 g massali o‘qning urilish zarbi 10 m/s tezlikda harakatlanayotgan shunday massali jismning urilish zarbidan ancha katta.

Yuqorida keltirilgan misollardan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:



1. **Harakatlanayotgan jismning tezligi o'zgarmaganda massasi qancha katta bo'lsa, uning urilish zarbi ham shuncha katta bo'ladi.**
2. **Harakatlanayotgan jismning tezligi qancha katta bo'lsa, uning urilish zarbi ham shuncha katta bo'ladi.**

Demak, jism harakatini tavsiflash uchun jism massasi va uning tezligini alohida tarzda emas, balki ularni birgalikda qarash kerak. Shu maqsadda *jism impuls*i degan fizik kattalik kiritilgan.



Jism massasining uning tezligi ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalik *jism impuls*i deb ataladi.

Ya'ni:

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (2)$$

Xalqaro birliklar sistemasida jism impulsining birligi $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ bo'ladi. $1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ li impuls – bu $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ tezlik bilan harakatlanayotgan 1 kg massali jismning impuls.

Jism impuls vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi tezlikning yo'nalishida bo'ladi.

Kuch impuls va jism impuls orasidagi munosabat

\vec{v}_0 boshlang'ich tezlik bilan harakatlanayotgan jism t vaqt davomida boshqa jism bilan ta'sirlashgani tufayli, uning tezligi o'zgarib, \vec{v} ga teng bo'lsin. Bu holda jism tekis o'zgaruvchan harakat qiladi. Jismning olgan tezlanishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (3)$$

Agar jismning massasi m , boshqa jism bilan ta'sirlashish kuchi F bo'lsa, u holda Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan tezlanishning quyidagi formulasi ham o'rinlidir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (4)$$

Tezlanishning ikkala formulasini o'zaro tenglashtirish mumkin:

$$\frac{\vec{F}}{m} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \text{yoki} \quad \boxed{\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0.} \quad (5)$$

Bu formulada Ft – kuch impulsi, $m\vec{v}_0$ – o'zaro ta'sirgacha, $m\vec{v}$ – o'zaro ta'sirdan keyingi jism impulslari ekanligini hisobga olsak, quyidagi xulosa kelib chiqadi:



O'zaro ta'sir jarayonida jism impulsining o'zgarishi ta'sir kuchi impulsiga teng.

Masala yechish namunasi

Mavzu matnida keltirilgan misoldagi velosiped va avtomashinaning impulslarini toping. Velosipedning massasini 100 kg (haydovchisi bilan birgalikda), avtomashinaning massasini 1200 kg deb oling.

Berilgan:

Formulasi:

Yechilishi:

$$m_v = 100 \text{ kg}; m_a = 1200 \text{ kg};$$

$$v_v = v_a = 30 \frac{\text{km}}{\text{soat}} \approx 8,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Topish kerak:

$$p_v - ? \quad p_a - ?$$

$$p_v = m_v v_v;$$

$$p_a = m_a v_a.$$

$$\text{Javob: } p_v = 830 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}; \quad p_a \approx 10\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}.$$



Tayanch tushunchalar: impuls, kuch impulsi, jism impulsi.



1. 87- va 88-rasmlarda ifodalangan tajribalarni tushuntirib bering.
2. Kuch impulsi qanday ifodalanadi? U qanday birliklarda o'lchanadi?
3. Harakatlanayotgan jismning massasi qancha katta bo'lsa, uning urilish zarbi ham shuncha katta bo'lishini asoslab bering.
4. Harakatlanayotgan jismning tezligi qancha katta bo'lsa, uning urilish zarbi ham shuncha katta bo'lishini asoslab bering.
5. Jism impulsi qanday ifodalanadi? U qanday birliklarda o'lchanadi?
6. Kuch impulsi va jism impulsi orasida qanday munosabat mavjud?



1. Tayanchga osilgan jismga bog'langan ip pastga qarab birinchi galda 2 s davomida 10 N kuch bilan tortib turildi. Ikkinchi galda esa shunday kuch bilan 0,1 s ichida siltab tortildi. Har ikkala hol uchun jismga ta'sir etgan kuch impulsini toping.

2. Mavzuda keltirilgan misoldagi 10 g va 100 g massali jismlarning hamda miltiq o'qining impulsini toping.
3. Massasi 2 kg bo'lgan jism 5 m/s tezlikda devorga urildi va o'z tezligini butkul yo'qotdi. Jismning ta'sir kuchi impulsini toping.
4. Massasi 100 g bo'lgan sharcha gorizontaal sirtida 0,5 m/s tezlikda kelib ikkinchi sharchaga urildi va 0,2 m/s tezlikda o'z harakatini avvalgi yo'nalishda davom ettirdi. Sharcha urilish paytida uning impulsi qanchaga o'zgargan?

37-§. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI

Yopiq sistema

Yerdan kosmik kemani uchirishda Yer va kosmik kemani birgalikda *yopiq sistema* deb qarash mumkin. Chunki Quyosh, Oy va boshqa osmon jismlarining kosmik kemaga ta'sirini hisobga olmasa ham bo'ladi.



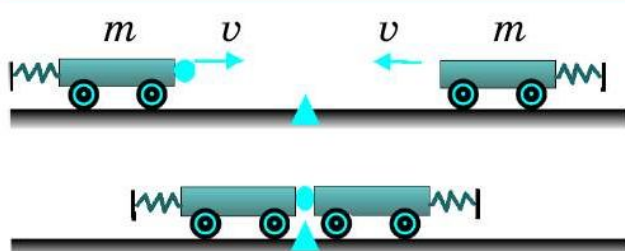
Jismlar sistemasi boshqa tashqi jismlar bilan o'zaro ta'sirlashmasa yoki sistemaga ta'sir etayotgan kuchlar o'zaro muvozanatlashsa, bunday jismlar sistemasi *yopiq sistema* deb ataladi.

Gorizontaal sirtida bir nechta sharcha bir-biri bilan to'qnashib, ta'sirlashayotgan bo'lsin. Agar sharchalarning sirtga ishqalanishi hisobga olmaydigan darajada kichik bo'lsa, bu sharchalarning o'zini yopiq sistema deb qarash mumkin.

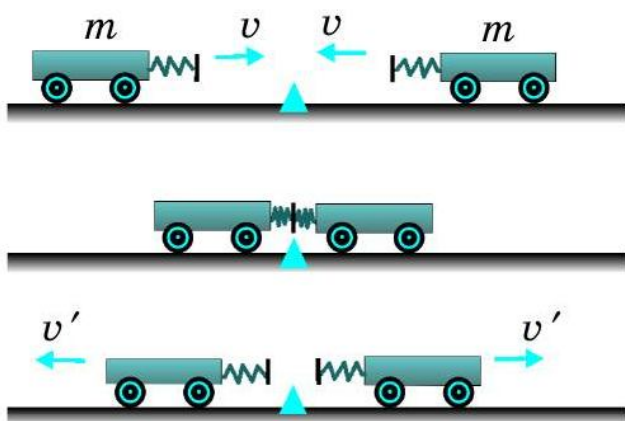
Massalari va tezliklari bir xil bo'lganda jismlarning to'qnashuvi

1-tajriba. Gorizontaal relsga bir xil m massali ikkita aravachani 89-rasmdagidek qo'yamiz. Aravachalarga ta'sir etuvchi og'irlik kuchi va relsning reaksiya kuchi o'zaro muvozanatda bo'ladi. Shuning uchun qaralayotgan jismlar sistemasini yopiq sistema deb olish mumkin.

Aravachalarning bir tomoniga prujinali bufer mahkamlangan. Birinchi aravachaning ikkinchi tomoniga plastilin yopishtirib qo'yilgan. Aravachalarga bir xil v tezlik beramiz. Bunda birinchi aravachaning impulsi mv ga teng. Ikkinchi aravachaning tezligi birinchi aravachaning tezligiga teng, lekin qarama-qarshi yo'nalgani uchun ikkinchi aravachaning impulsi

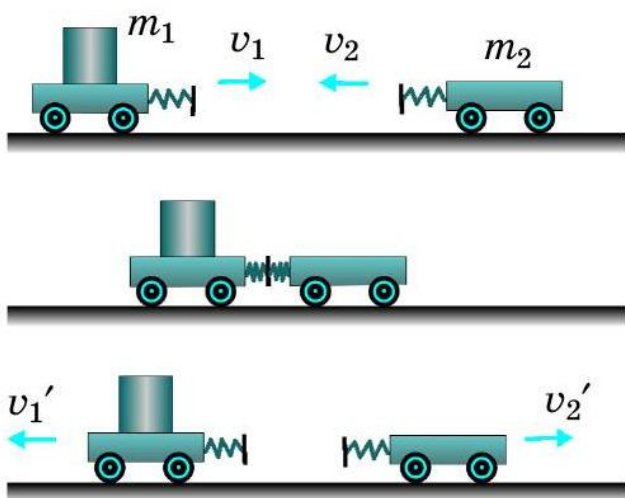


89-rasm. Har bir aravachaning impulsi nolga tenglashishi.



90-rasm. To'qnashgandan keyin aravachalar impulslarining yig'indisi nolga tenglashishi.

Demak, bu holda ham aravachalar to'qnashmasdan oldin ham, to'qnashgandan keyin ham ularning impulslari yig'indisi nolga teng.



91-rasm. Turli massali aravachalarning to'qnashishi.

$-mv$ ga teng bo'ladi. U holda Ikkala aravachaning impulslari yig'indisi $mv + (-mv) = mv - mv = 0$ bo'ladi. Aravachalar to'qnashganda plastilin orqali ular bir-biriga yopishib qo'ladi va aravachalar to'xtaydi. Har bir aravachaning impulsi nolga teng bo'ladi.

2-tajriba. Endi aravachalarning prujinali buferlari 90-rasmdagidek bir-biriga qarab tursin. Ikkala aravachaga kattaligi bir xil, lekin yo'nalishi qarama-qarshi bo'lgan v tezlik beramiz. Birinchi galdagi kabi bu holda ham aravachalar to'qnashmasdan avvalgi impulslari yig'indisi nolga teng. Lekin aravachalar to'qnashgandan keyin har birining impulsi nolga teng bo'lmaydi. Chunki ular to'qnashgandan keyin bir xil v' tezlik bilan bir-biridan uzoqlasha boradi. Ular impulslarining yig'indisi $m(-v') + mv' = -mv' + mv' = 0$ bo'ladi.

Massalari va tezliklari har xil bo'lganda jismlar impulsi

3-tajriba. Aravachalar massalari turlicha – m_1 va m_2 bo'lsin. 91-rasmdagidek ularni relsga o'rnatib, birinchisiga v_1 , ikkinchisiga qarama-qarshi yo'nalishda v_2 tezlik beramiz. Aravachalar to'qnashgandan keyin mos ravishda v_1' va v_2' tezliklar bilan ortga qayta boshlaydi. Ikkala aravachaning impulslari qanday o'zgarishini hisoblaylik.

Birinchi aravacha impulsining o'zgarishi: $Ft = m_1v_1' - m_1v_1$.

Ikkinchi aravacha impulsining o'zgarishi: $-Ft = m_2v_2' - m_2v_2$.

Tengliklarni hadma-had qo'shamiz: $0 = m_1v_1' - m_1v_1 + m_2v_2' - m_2v_2$
yoki $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$.

Bu tenglikning chap tomoni aravachalarning to'qnashishidan oldingi, o'ng tomoni esa to'qnashgandan keyingi impulslari yig'indisini ifodalaydi. Demak, aravachalar bir-biri bilan to'qnashganda ular impulslarining yig'indisi o'zgarmay qoladi, ya'ni impulslar yig'indisi saqlanadi.

Impulsning saqlanish qonuni ta'rifi

Yuqorida yopiq sistemada ikki jismning o'zaro ta'sirlashishi natijasida impulslarining saqlanishini ko'rdik. Agar yopiq sistemada ko'p jismlar olinganda ham o'zaro ta'sirlashuvchi jismlarning impulslari yig'indisi o'zgarmay qoladi, ya'ni saqlanadi. Umumiy holda impulsning saqlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi:



Yopiq sistemani tashkil etuvchi jismlar impulslarining yig'indisi saqlanadi.

Impulsning saqlanish qonuni fizikaning asosiy qonunlaridan biridir. Bu qonun faqat makroskopik jismlarning o'zaro ta'siri uchun emas, balki molekularlar, atomlar, elementar zarralarning o'zaro ta'siri uchun ham o'rinlidir.

Impulsning saqlanish qonuni tabiatda va texnikada keng qo'llaniladi.

Masala yechish namunasi

Massasi 50 t bo'lgan temir yo'l vagoni 9 km/soat tezlik bilan 30 t massali tinch turgan vagonga kelib tirkaldi. Vagonlarning tirkalgandan keyingi tezligini toping.

Berilgan:

$$\begin{aligned} m_1 &= 50 \text{ t}; \\ m_2 &= 30 \text{ t}; \\ v_1 &= 9 \text{ km/soat}; \\ v_2 &= 0. \quad v_1' = v_2'. \end{aligned}$$

Topish kerak:

$$v_1' = v_2' = ?$$

Formulasi:

$$\begin{aligned} m_1v_1 + m_2v_2 &= m_1v_1' + m_2v_2'. \\ m_1v_1 &= (m_1 + m_2)v_1'. \\ v_1' &= \frac{m_1v_1}{m_1 + m_2}. \end{aligned}$$

Yechilishi:

$$\begin{aligned} v_1' &= \frac{50 \cdot 9}{50 + 30} \frac{\text{km}}{\text{soat}} \approx \\ &\approx 5,6 \frac{\text{km}}{\text{soat}}. \end{aligned}$$

$$\text{Javob: } v_1' = v_2' \approx 5,6 \frac{\text{km}}{\text{soat}}.$$



Tayanch tushunchalar: yopiq sistema, impulsning saqlanish qonuni.



1. Yopiq sistemaga ta'rif bering va uni misollar bilan tushuntiring.
2. Massasi va tezliklari bir xil bo'lib, to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilayotgan jismlarning to'qnashishdan oldingi impulsar yig'indisi nimaga teng bo'ladi?
3. 3-savolda keltirilgan jismlarning to'qnashgandan keyingi impulsar yig'indisi nimaga teng bo'ladi?
4. Massasi va tezliklari har xil bo'lib, to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilayotgan ikki jismning to'qnashishdan oldingi va keyingi impulsar yig'indisi nimaga teng bo'ladi?
5. Impulsning saqlanish qonunini tushuntirib bering.



1. 2 m/s tezlik bilan kelayotgan 30 t massali temiryo'l vagoni tinch turgan vagonga tirkaldi. Tirkalgan vagonlar 1 m/s tezlik bilan harakatlana boshladi. Ikkinchi vagonning massasini toping.
2. 6 m/s tezlik bilan yugurib ketayotgan 50 kg massali bola 2 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 30 kg massali aravachani quvib yetib, uning ustiga chiqib oldi. Aravachaning bola bilan birgalikdagi tezligi qancha?
3. Mavzudagi 3-tajriba bo'yicha 91-rasmda keltirilgan aravachalarning massalari mos ravishda 1 kg va 0,5 kg, to'qnashguncha tezliklari 2 m/s va 3 m/s bo'lib, to'qnashgandan keyin birinchi aravacha 1,5 m/s tezlik olgan bo'lsa, ikkinchi aravacha to'qnashgandan keyin qanday tezlik bilan harakatlana boshlaydi?

38-§. REAKTIV HARAKAT

Reaktiv harakat haqida tushuncha

Impuls saqlanish qonunining muhim qo'llanishlaridan biri reaktiv harakatdir.



Yopiq sistemaning biror qismi biror tezlik bilan harakat qilsa, sistemaning qolgan qismi unga qarama-qarshi yo'nalishda harakatga keladi. Vujudga kelgan bunday harakat *reaktiv harakat* deyiladi.

Reaktiv harakatni tasavvur qilish uchun quyidagi tajribani o'tkazaylik.

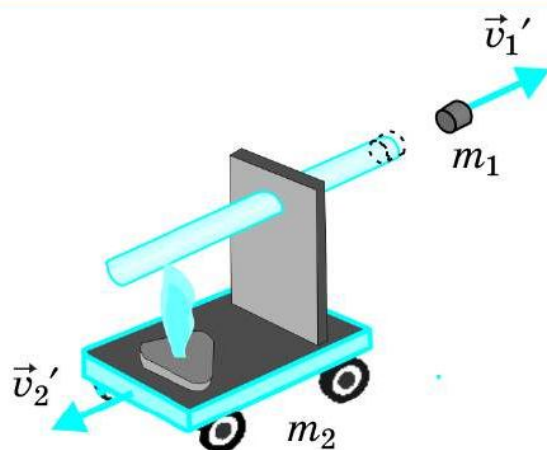
Probirkaning yarmisigacha suv quyib, tiqin bilan berkitaylik va 92-rasmdagidek aravachaga o'rnataylik. Quruq yonig'i alangasida probirkadagi suvni isitaylik. Suv qaynash darajasiga yaqinlashganda tiqin katta tezlik bilan otiladi, aravacha esa tiqin yo'nalishiga qarama-qarshi tomonga harakatlanadi. Bunda tiqinni probirkadan otib chiqaruvchi bug'ning bosim kuchidan tashqari bu kuchga qarama-qarshi yo'nalgan reaktiv kuch paydo bo'ladi. Reaktiv kuch ta'sirida aravacha tiqinga qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi.

Masalan, tiqinning massasi $m_1 = 10$ g, aravachaning massasi (quruq yonilg'i va probirka bilan birgalikda) $m_2 = 500$ g, tiqin va aravachaning tiqin otilmasdan avvalgi tezliklari $v_1 = v_2 = 0$, tiqinning otilish tezligi $v_1' = 10$ m/s ga teng deylik. Impulsning saqlanish qonunidan foydalanib, tiqin otilganda aravachaning olgan v_2' reaktiv tezligini hisoblaylik.

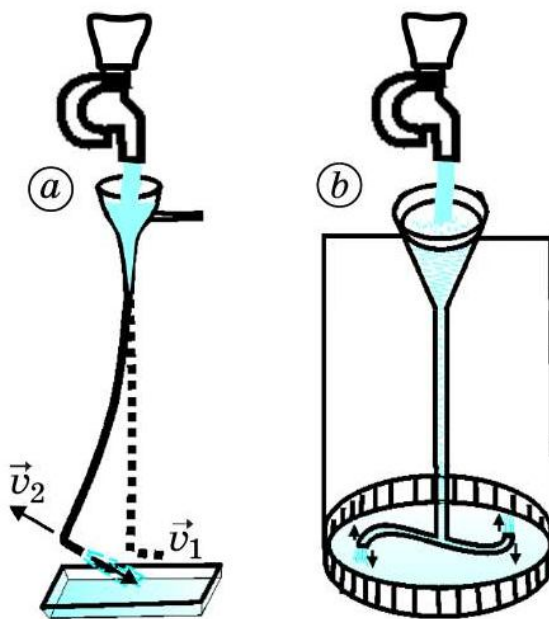
$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ tenglikda $v_1 = v_2 = 0$ bo'lgani uchun chap tomoni nolga teng bo'ladi: $0 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$. Bundan $v_2' = -m_1 v_1' / m_2$ yoki $v_2' = -0,2$ m/s bo'ladi.

Reaktiv harakatni tushunib olish uchun yana boshqa tajribalarni ham o'tkazish mumkin. 93-a rasmda tasvirlangan tajribada suv v_1 tezlik bilan bir tomonga otilib tursa, nayning o'zi qarama-qarshi tomonga v_2 reaktiv tezlik bilan harakat qiladi.

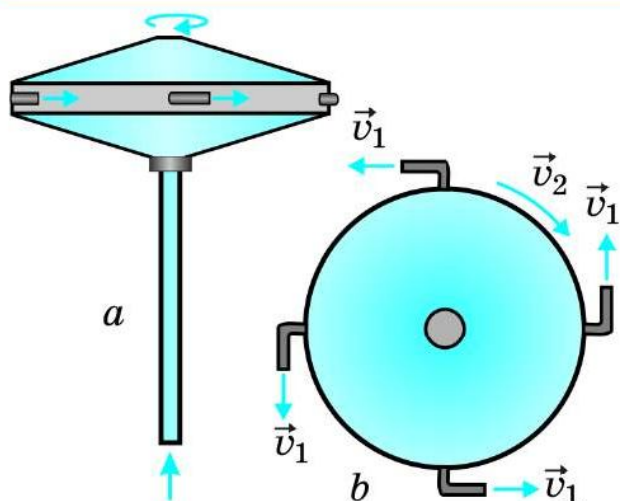
93-b rasmdagi tajribada esa bukilgan shisha nayning ikki uchidan suv otilib turadi. Bunda suvning harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda vujudga kelgan reaktiv harakat hisobiga shisha nay aylanadi.



92-rasm. Tiqinning harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda hosil bo'lgan reaktiv harakat.



93-rasm. Suvning harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda hosil bo'lgan reaktiv harakat.

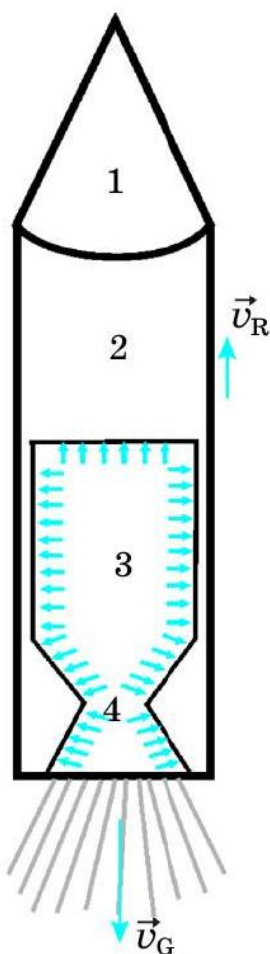


94-rasm. Havo yordamida reaktiv harakatni hosil qilish qurilmasi: a) yonidan ko‘rinishi; b) yuqoridan ko‘rinishi.

Havo yordamida ham reaktiv harakatni hosil qilish mumkin. 94-rasmda shunday qurilmaning asosiy qismi tasvirlangan. Bunda erkin aylanuvchi disk qo‘zg‘almas nayga podshipnik orqali o‘rnatilgan. Siqilgan havo nay orqali disk ichiga kiradi. Bosim ostidagi havo disk chetlariga o‘rnatilgan to‘rtta naycha orqali urinma tarzda tashqariga otilib chiqib turadi. Bu esa qarama-qarshi yo‘nalishda diskni aylantiruvchi reaktiv harakatni hosil qiladi.

Qurilmaning yordamchi qismi siqilgan havoni hosil qilish qismidan iborat. Yordamchi qism sifatida chang

yutgichdan foydalanish mumkin. Shlang yordamida changyutgichdan katta bosimli siqilgan havo yuborilsa, reaktiv harakat hisobiga disk katta tezlikda aylanadi. Yordamchi qism o‘rniga puflangan havo sharidan ham foydalanish mumkin.



95-rasm. Raketa-ning tuzilishi.

Raketaning tuzilishi va harakati

Keyingi 50–60 yil ichida fazoga ko‘plab kosmik kemalar, Yerning sun‘iy yo‘ldoshlari uchirildi. Ularni Yerdan orbitaga raketalar olib chiqadi.



Reaktiv kuch ta‘sirida harakatlanadigan kosmik uchish apparati *raketa* deb ataladi.

Raketaning harakati reaktiv harakatga asoslangan. Raketaning tuzilishi sxematik ravishda 95-rasmda tasvirlangan. Raketa, asosan, to‘rt qismdan iborat. 1-qismda Yer atrofidagi orbitaga chiqarib qo‘yiladigan kosmik kema yoki sun‘iy yo‘ldosh joylashgan. Raketa-ning 2-qismini yoqilg‘i va raketani Yerdan uchirish jihozlari tashkil etadi. 3-qismda yoqilg‘i yonish

kamerasi joylashgan bo'lib, bu yerda yoqilg'ı yonishi natijasida yuqori temperaturali va yuqori bosimli gaz yig'ıladı. Bunday gaz reaktiv soplo (4-qism) orqali juda katta v_G tezlikda tashqariga chiqariladi. Soplo gaz oqimining tezligini oshiradi. Buning natijasida impulsning saqlanish qonuniga binoan gaz oqimi yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalishda reaktiv kuch vujudga keladi. Bu kuch ta'sirida raketa harakatga keladi va v_R reaktiv tezlik oladi (96-rasm).

Raketa soplosidan chiqayotgan gazning massasi m_G , tezligi v_G , raketaning massasi m_R , olgan reaktiv tezligi v_R bo'lsin. Impulsning saqlanish qonunini qo'llab, quyidagi tenglikni yozish mumkin:

$$m_G v_G + m_R v_R = 0 \quad \text{yoki} \quad v_R = - \frac{m_G v_G}{m_R}.$$

Bu formuladan ko'rinadiki, raketaning massasi qancha kam bo'lsa, reaktiv tezligi shuncha katta bo'ladi. Haqiqatda raketa massasining katta qismi yoqilg'ı massasiga to'g'ri keladi. Yoqilg'ı yona borish jarayonida uning miqdori kamayib boradi va raketaning massasi ham kamayadi. Bu esa raketaning tezligi oshib borishiga olib keladi. Raketa belgilangan balandlikka chiqquncha uning yonilg'ıdan bo'shagan qismlari navbatma-navbat ajralib, havoda yonib ketadi. Raketaning kichik bir qismi – kosmik kema (Yerning sun'iy yo'ldoshi) uchishni davom ettiradi.

Impulsning saqlanish qonuni asosida hosil bo'ladigan reaktiv harakat kosmonavtikaning asosi hisoblanadi. Kosmik raketalar va kosmik kemalarning yaratilishiga olimlardan K.E. Siolkovskiy (1852–1935), S.P. Korolyov (1906–1966), M.V. Keldish (1911–1978), V. Braun (1912–1976), G. Obert (1894–1989) va boshqalar katta hissa qo'shganlar.

Hozirda kosmonavtika sohasi yuksak darajada taraqqiy etib bormoqda.



96-rasm. Raketaning ko'tarilishi.



Tayanch tushunchalar: reaktiv harakat, raketa, kosmonavtika.



1. Reaktiv harakat deb nimaga aytiladi? Impulsning saqlanish qonuni asosida reaktiv harakatni tushuntirib bering.
2. 92–94-rasmlarda tasvirlangan tajribalarni tushuntirib bering.
3. Raketaning tuzilishini aytib bering.
4. Impulsning saqlanish qonuni asosida raketa qanday harakatlanishini tushuntiring.
5. Kosmosni zabt etish bo'yicha nimalarni bilasiz? Kosmik raketalarning yaratilishiga hissa qo'shgan olimlar to'g'risida-chi?

VI BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Impuls lotincha *impulsus* so'zidan olingan bo'lib, *turtki* degan ma'noni bildiradi.
- ◆ Jismlarning o'zaro ta'sir natijasi kuchdan tashqari ta'sir vaqtiga ham bog'liq. Shuni hisobga olish uchun kuch impulsi kattaligi kiritilgan.
- ◆ Kuch impulsi jismga ta'sir etayotgan kuchning shu kuch ta'sir etgan vaqtga ko'paytmasiga teng, ya'ni: $\vec{I} = \vec{F}t$.
- ◆ Jismlarning o'zaro ta'sir natijasi ularning massalari va tezliklariga ham bog'liq. Shularni hisobga olish uchun jism impulsi kattaligi kiritilgan.
- ◆ Jism impulsi jism massasi va uning tezligi ko'paytmasiga teng, ya'ni: $\vec{p} = m\vec{v}$.
- ◆ Jismlar sistemasi boshqa tashqi jismlar bilan o'zaro ta'sirlashmasa yoki sistemaga ta'sir etayotgan kuchlar o'zaro muvozanatlashsa, bunday jismlar sistemasi yopiq sistema deb ataladi.
- ◆ Impulsning saqlanish qonuni: Yopiq sistemani tashkil etuvchi jismlar impulslarining yig'indisi shu sistemadagi jismlarning har qanday harakatida va o'zaro ta'sirida o'zgarmaydi, ya'ni impulslar yig'indisi saqlanadi.
- ◆ Massalari m_1 va m_2 bo'lgan ikki aravacha v_1 va v_2 tezliklar bilan to'qnashsin. To'qnashgandan keyin qarama-qarshi tomonga v_1' va v_2' tezliklar bilan harakatlansin. Bunday yopiq sistema uchun quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'.$$

- ◆ Yopiq sistemaning biror qismi biror tezlik bilan harakat qilsa, sistemaning qolgan qismi unga qarama-qarshi yo'nalishda harakatga keladi. Vujudga kelgan bunday harakat reaktiv harakat deyiladi.

VI BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. Jismga bog'langan ip siltab 0,05 s davomida 20 N kuch bilan tortilganda jism joyidan qo'zg'almadi. Ikkinchi galda ip shunday kuch bilan 2 s davomida tortib turilganda jism joyidan qo'zg'aldi. Har ikkala hol uchun kuch impulsini toping va ularni taqqoslang.
2. Massasi 20 g li tosh 15 m/s tezlik bilan kelib urilsa, deraza oynasi sinmaydi. Lekin 100 g li tosh shunday tezlik bilan urilganda oyna sinadi. 20 g li tosh 60 m/s tezlik bilan urilganda ham oyna sinadi. Har uchala hol uchun jism impulslarini hisoblang va ularni taqqoslang. Nima uchun birinchi holda oyna sinmaydi?
3. Massasi 100 g li tosh 5 m/s tezlik bilan gorizontal otildi. Otilish vaqtida toshning impulsi qancha bo'lgan?
4. Massalari 1200 kg dan bo'lgan ikki avtomobil yo'lda qarama-qarshi yo'nalishda kelib, bir-biri bilan to'qnashib ketdi. Agar ularning tezliklari mos ravishda 90 km/soat va 120 km/soat bo'lsa, ular bir-biriga qanday kattalikdagi impuls bilan to'qnashishgan? Agar shu avtomobillarning tezliklari mos ravishda 36 km/soat va 54 km/soat bo'lganda to'qnashish paytida impulslari qancha bo'lardi? Qaysi holda to'qnashish talafoti katta? Nima uchun?
5. Gorizontal sirtida massasi 400 g bo'lgan sharcha 1 m/s tezlikda ikkinchi sharcha bilan to'qnashdi. Shundan keyin birinchi sharcha 0,4 m/s tezlik bilan harakatini davom ettirdi. Urilish paytida birinchi sharchaning impulsi qanchaga o'zgargan?
6. 3 m/s tezlik bilan kelayotgan 60 t massali temir yo'l vagoni tinch turgan 40 t li vagonga tirkaldi. Tirkalgandan so'ng vagonlar qanday tezlik bilan harakatlangan?
7. 4 m/s tezlik bilan yugurib ketayotgan 40 kg massali bola 1 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 20 kg massali aravachani quvib yetib, uning ustiga chiqib oldi. Aravachaning bola bilan birgalikdagi tezligi qancha?

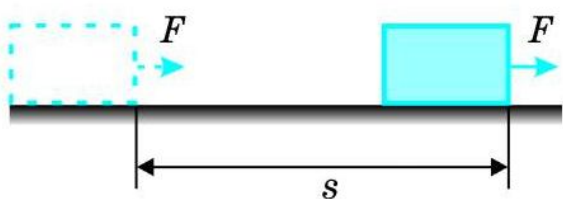


VII bob. ISH VA ENERGIYA. ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

Tabiatda turli shakldagi energiya – mexanik, issiqlik, elektr, yorug‘lik, yadro, kimyoviy va boshqa turdagi energiyalar mavjud. Bu energiyalar bir-biriga aylanib turadi. Masalan, mexanik energiya issiqlik energiyasiga, elektr energiya mexanik energiyaga aylanishi mumkin. Bunda energiya shakl jihatdan bir-biridan farq qilsa-da, miqdor jihatdan saqlanadi, ya’ni energiya bordan yo‘q bo‘lmaydi, yo‘qdan bor bo‘lmaydi. Shu sababli tabiatdagi turli hodisalar va jarayonlar energiya orqali bir-biriga bog‘langan. Biz ushbu bobda jismning mexanik harakatida bajarilgan ish, kinetik va potensial energiya, bu energiyalarning bir-biriga aylanishi, to‘liq mexanik energiyaning saqlanishi, quvvatni o‘rganamiz.

39-§. MEXANIK ISH

Mexanik ish va uning birliklari



97-rasm. F kuch ta’sirida jismning s masofaga ko‘chishi.

Tekis sirtda turgan jismga F kuch ta’sir etganda u shu kuch yo‘nalishida to‘g‘ri chiziq bo‘ylab s masofaga ko‘chsin. Bunda A mexanik ish bajariladi (97-rasm):

$$A = Fs. \quad (1)$$



Mexanik ish kuchning shu kuch yo‘nalishida jism bosib o‘tgan yo‘lning ko‘paytmasiga teng.

Xalqaro birliklar sistemasida ishning birligi – joul (J). Bu birlik nomi ingliz fizigi **Jeyms Joul** sharafiga qo‘yilgan.



1 J – bu 1 N kuch ta’sirida jismni 1 m masofaga ko’chirishda bajarilgan ishga teng.

Amalda ishning boshqa birliklari — kilojoul (kJ), megajoul (MJ), millijoul (mJ) ham qo’llaniladi. Ishning bu birliklari bilan asosiy birligi orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J};$$

$$1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J};$$

$$1 \text{ mJ} = 10^{-3} \text{ J}.$$

Mexanik ish turli kuchlar ta’sirida bajarilgani uchun uni kuchning ishi deb ham yuritiladi.

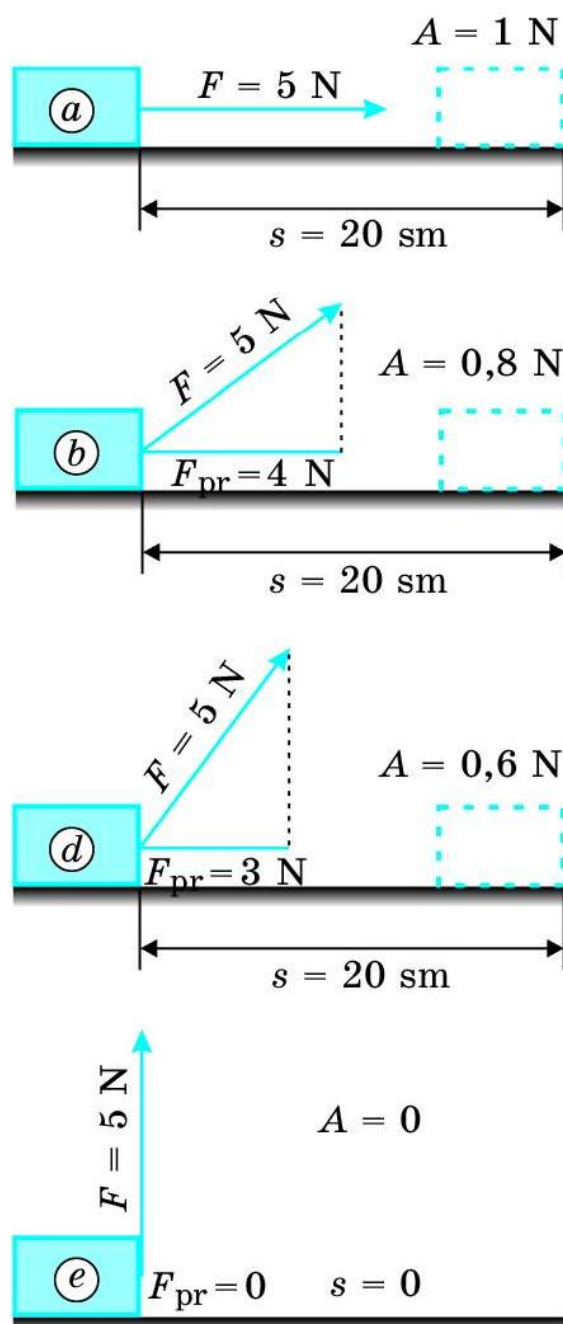
Mexanik ish skalyar kattalikdir.

Ta’sir kuchining mexanik ishi

Mexanik ishning (1) formulasi jismga ta’sir etayotgan kuch va jismning ko’chishi bir xil yo’nalishda bo’lgan hol uchun o’rinli. Masalan, jism $F = 5 \text{ N}$ kuch ta’sirida shu kuch yo’nalishida $s = 20 \text{ sm}$ masofaga ko’chgan bo’lsin. U holda bu kuchning bajargan ishi $A = 5 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 1 \text{ J}$ ga teng bo’ladi (98-a rasm).

Agar kuchning yo’nalishi jism harakatining yo’nalishida bo’lmasa, mexanik ishning qiymati qanday aniqlanadi?

Jismga ta’sir etayotgan kuch jismning ko’chish yo’nalishi bilan ma’lum burchak tashkil etsa, ta’sir etayotgan kuchning ko’chish yo’nalishiga proyeksiyasi olinadi. Masalan, jismga $F = 5 \text{ N}$ kattalikdagi kuch 98-b rasmda ko’rsatilgandek burchak ostida ta’sir etib, jism shu kuch ta’sirida 20 sm masofaga ko’chsin. Rasmdan ko’rinadiki, bu



98-rasm. Bajarilgan ishning kuch yo’nalishiga bog’liqligi.

kuchning ko'chish yo'nalishiga proyeksiyasi $F_{pr} = 4 \text{ N}$ ni tashkil etadi. U holda bu kuchning bajargan ishi $A = 4 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,8 \text{ J}$ ga teng.

Jismga ta'sir etayotgan kuchning yo'nalishi bilan ko'chish yo'nalishi orasidagi burchak orta borishi bilan F kuchning F_{pr} proyeksiyasi kamayib boradi. Bu esa kuchning bajargan ishi ham kamayib borishiga olib keladi. Masalan, 98-*d* rasmda jismga ta'sir etayotgan $F = 5 \text{ N}$ kuchning yo'nalishi bilan ko'chish orasidagi burchak 98-*b* rasmdagidan kattaroq bo'lgani uchun uning proyeksiyasi kichikroq, ya'ni $F_{pr} = 3 \text{ N}$ ni tashkil etadi. Bu holda kuchning bajargan ishi $A = 3 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,6 \text{ J}$ ga teng bo'ladi.

Jismga ta'sir etayotgan kuchning yo'nalishi bilan ko'chish yo'nalishi orasidagi burchak yanada oshirilsa, kuchning proyeksiyasi va buning natijasida kuchning ishi nolga yaqinlasha boradi. Kuchning yo'nalishi ko'chish yo'nalishi bilan 90° ni tashkil etsa, kuchning ko'chish yo'nalishiga proyeksiyasi nuqtani, ya'ni nolni tashkil etadi (98-*e* rasm). Bu holda, ya'ni jismga ta'sir etuvchi kuch ko'chish yo'nalishiga perpendikular yo'nalgan bo'lsa, ish bajarilmaydi.

Masala yechish namunasi

Avtomobil 5 kN motor kuchi ta'sirida 3 km masofani bosib o'tdi. Avtomobil motori qancha ish bajargan?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$F = 5 \text{ kN} = 5\,000 \text{ N};$ $s = 3 \text{ km} = 3\,000 \text{ m}.$	$A = Fs.$	$A = 5\,000 \text{ N} \cdot 3\,000 \text{ m} =$ $= 15\,000\,000 \text{ J} = 15 \text{ MJ}.$
Topish kerak: $A - ?$		Javob: $A = 15 \text{ MJ}.$



Tayanch tushunchalar: mexanik ish, ta'sir kuchining mexanik ishi, kuchning proyeksiyasi.



1. Energiyaning ta'rifini ayting va tushuntiring.
2. Mexanik ishni ta'riflang va formulasini ifodalang.
3. Mexanik ishning asosiy va boshqa birliklari, ular orasidagi munosabatni ifodalab bering.
4. Jismga ta'sir etayotgan kuch yo'nalishi jismning ko'chish yo'nalishida bo'lmasa, bajarilgan ish qanday aniqlanadi?
5. Jismga ta'sir etayotgan kuch yo'nalishi jismning ko'chish yo'nalishiga perpendikular bo'lsa, bajarilgan ish nimaga tengligini tushuntiring.

M
25

1. Yerda turgan yukka 250 N kuch ta'sir etayotgan holda uni shu kuch yo'nalishida 8 m masofaga sudrab olib borildi. Bunda qancha ish bajarilgan?
2. Aravachaga ma'lum bir burchak ostida kuch ta'sir etib, 15 m masofaga olib borildi. Agar aravachaga ta'sir etayotgan kuchning harakat yo'nalishiga proyeksiyasi 42 N bo'lsa, qancha ish bajarilgan?
3. Yo'lda buzilib qolgan avtomobilni 3 kishi itarishib 480 m uzoqlikdagi ustaxonaga olib borishdi. Agar ulardan biri avtomobilni 150 N kuch bilan, ikkinchisi 200 N kuch bilan, uchinchisi esa 250 N kuch bilan itarib borgan bo'lsa, ularning har biri qanchadan ish bajarishgan? Ularning uchalasi birgalikda qancha ish bajarishgan?
4. Elektrovoz temiryo'l vagonlarini 2 km masofaga tortib borganida 240 MJ ish bajardi. Elektrovoz vagonlarni qanday kuch bilan tortib borgan?

40-§. KINETIK ENERGIYA

Jism tezligining o'zgarishida bajarilgan ish



Jism yoki jismlar sistemasining ish bajarish qobiliyatini tavsiflaydigan fizik kattalik *mexanik energiya* deb ataladi.

Energiya so'zi yunonchadan *faollik* degan ma'noni bildiradi. Mexanik ish kabi mexanik energiyaning asosiy birligi – **joul (J)**. Mexanik energiya **kinetik energiya** va **potensial energiyaga** bo'linadi.

Stol ustida turgan m massali jism F kuch ta'sirida ishqalanishsiz harakatlanib, a tezlanish olsun (99-rasm). t vaqt ichida jismning erishgan tezligi:

$$v = at. \quad (1)$$



99-rasm. v tezlikka erishgan sharchaning kinetik energiyasi.

Shu vaqt ichida jismning bosib o'tgan yo'li quyidagicha ifodalanadi:

$$s = \frac{at^2}{2}. \quad (2)$$

(1) formulani $t = v/a$ shaklda yozib, uni (2) formuladagi t vaqt o'rniga qo'yamiz va jism bosib o'tgan yo'lning quyidagi ifodasini hosil qilamiz:

$$s = \frac{v^2}{2a}. \quad (3)$$

Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan jismga ta'sir etgan kuch:

$$F = ma. \quad (4)$$

(3) va (4) formulalardan foydalanib, bajarilgan ishni topamiz:

$$A = Fs = ma \cdot \frac{v^2}{2a} \quad \text{yoki} \quad A = \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$

Bu formula m massali tinch turgan jism v tezlikka erishishi uchun bajarilgan ishni ifodalaydi.

Agar m massali jismning boshlang'ich tezligi v_1 bo'lsa, uning tezligini v_2 ga oshirish uchun bajariladigan ish:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \quad (6)$$

Kinetik energiyaning o'zgarishi

(5) formula v tezlik bilan harakatlanayotgan m massali jismning kinetik energiyasini ham ifodalaydi, ya'ni:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (7)$$



Jism massasi va tezligi kvadrati ko'paytmasining yarmisi bilan o'lchanadigan fizik kattalik *jismning kinetik energiyasi* deyiladi. Kinetik energiya jism harakatining miqdoriy o'lchovidir.

(6) formulada $mv_1^2/2 = E_{k1}$, $mv_2^2/2 = E_{k2}$ deb olinsa, jismning tezligi v_1 dan v_2 ga o'zgarganda bajarilgan ishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$A = E_{k2} - E_{k1}, \quad (8)$$

bunda E_{k1} – boshlang'ich tezligi v_1 bo'lganda jismning kinetik energiyasi, E_{k2} – tezligi v_2 ga o'zgarganda jismning kinetik energiyasi. U holda (8) formulani quyidagicha ta'riflash mumkin:

**Jism kinetik energiyasining o'zgarishi bajarilgan ishga teng.***Masala yechish namunasi*

Boshlang'ich tezligi 36 km/soat bo'lganda 2 t massali avtomobilning kinetik energiyasi qancha bo'ladi? Uning tezligi 90 km/soat ga yetgandachiqi? Avtomobil tezligi bunday o'zgarishi uchun uning motori qancha ish bajargan?

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$m=2\text{ t}=2000\text{ kg};$	$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2};$	$E_{k1} = \frac{2000 \cdot 10^2}{2}\text{ J} = 100000\text{ J} = 100\text{ kJ};$
$v_1=36\text{ km/soat}=10\text{ m/s};$	$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2};$	$E_{k2} = \frac{2000 \cdot 25^2}{2}\text{ J} = 625000\text{ J} = 625\text{ kJ};$
$v_2=90\text{ km/soat}=25\text{ m/s}.$	$A=E_{k2}-E_{k1}.$	$A=(625-100)\text{ kJ} = 525\text{ kJ}.$
Topish kerak: $E_{k1}-? E_{k2}-? A-?$	Javob: $E_{k1} = 100\text{ kJ}; E_{k2} = 625\text{ kJ}; A = 525\text{ kJ}.$	

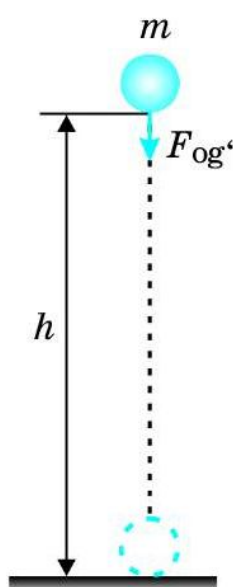
**Tayanch tushunchalar:** mexanik energiya, kinetik energiya.

1. Mexanik energiya deb nimaga aytiladi? U qanday birliklarda o'lchanadi?
2. (5) formulani keltirib chiqaring va ta'riflab bering?
3. Berilgan massali jismning tezligi bir qiymatdan boshqa qiymatga o'zgarganda bajarilgan ish nimaga teng?
4. Jismning kinetik energiyasi deb qanday fizik kattalikka aytiladi?
5. Jism kinetik energiyasining o'zgarishi qanday fizik kattalikka teng?



1. Muz ustidagi 40 g massali xokkey shaybasiga zarb bilan urganda u 25 m/s tezlikka erishdi. Shayba qanday kinetik energiyaga erishgan?
2. 72 km/soat tezlik bilan ketayotgan 1,2 t massali avtomobilni to'xtatish uchun qancha ish bajarish kerak?
3. 10 m/s tezlik bilan ketayotgan velosiped tezligini 20 m/s ga qadar oshirish uchun qanday ish bajarish kerak? Velosipedning (haydovchi bilan birgalikda) massasi 100 kg ga teng.
4. 72 km/soat tezlik bilan ketayotgan 200 t massali poyezd tezligini 144 km/soat qadar oshirishi uchun elektrovoz qancha ish bajarishi kerak?
5. 7,7 km/s tezlik bilan uchayotgan Yerning sun'iy yo'ldoshi 40 000 MJ kinetik energiyaga ega. Sun'iy yo'ldoshning massasini toping.

41-§. POTENSIAL ENERGIYA



100-rasm.
Og'irlik kuchi ta'sirida ish bajarilishi.

Faraz qilaylik, m massali jism h balandlikdan erkin tushmoqda (100-rasm). Bunda jism faqat Yerning tortish kuchi, ya'ni $F_{og'} = mg$ og'irlik kuchi ta'sirida harakat qiladi. Jismning h balandlikdan yerga tushguncha og'irlik kuchi bajaradigan ish quyidagicha ifodalanadi:

$$A = F s = F_{og'} h \quad \text{yoki} \quad A = mgh. \quad (1)$$

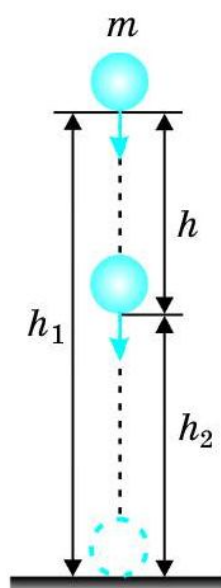
Bajarilishi mumkin bo'lgan bu ish shu jismning **potensial energiyasiga** teng bo'ladi. Demak, h balandlikda turgan m massali jismning potensial energiyasi ham quyidagicha ifodalanadi:

$$E_p = mgh. \quad (2)$$

(2) formulada ifodalangan potensial energiya o'zaro ta'sir etuvchi ikki jism – sharcha va Yerning bir-biriga nisbatan vaziyatiga bog'liqdir.



O'zaro ta'sir qiluvchi jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan vaziyatiga bog'liq energiya potensial energiya deb ataladi.



101-rasm.
Jism potensial energiyasining o'zgarishi.

Endi h_1 balandlikda turgan m massali jismning vaziyati h_2 ga o'zgarishida bajarilgan ishni topaylik (101-rasm). Jismning bosib o'tgan yo'li $h = h_1 - h_2$ ekanligidan bajarilgan ishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$A = mgh = mg(h_1 - h_2) \quad \text{yoki} \quad A = mgh_1 - mgh_2, \quad (3)$$

bunda $mgh_1 = E_{p1}$ – jismning h_1 balandlikdagi potensial energiyasi, $mgh_2 = E_{p2}$ – jismning h_2 balandlikdagi potensial energiyasi ekanligidan:

$$A = E_{p1} - E_{p2} \quad \text{yoki} \quad A = -(E_{p2} - E_{p1}), \quad (4)$$

bunda «-» ishora jismning vaziyati h_1 balandlikdan h_2 balandlikka o'zgarganda jismning potensial energiyasi kamayishini ko'rsatadi.

Demak:

**Jism potensial energiyasining o'zgarishi bajarilgan ishga teng.**

Jism yuqoridan pastga tushishida $E_{p2} < E_{p1}$ bo'lgani uchun $A > 0$ bo'ladi. Bunda og'irlik kuchi musbat ish bajaradi.

Jismni yuqoriga ko'tarishda esa $E_{p2} > E_{p1}$ bo'lgani uchun $A < 0$ bo'ladi. Bunda og'irlik kuchini yengish uchun manfiy ish bajariladi.

Masala yechish namunasi

Massasi 1 kg bo'lgan jismning 25 m balandlikda va 15 m balandlikda potensial energiyasi qancha bo'ladi? Jism shu bir balandlikdan ikkinchi balandlikka tushishida og'irlik kuchi qancha ish bajaradi? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

Berilgan:

$m = 1 \text{ kg}; h_1 = 25 \text{ m};$
 $h_2 = 15 \text{ m}; g = 10 \text{ m/s}^2.$

Topish kerak:

$E_{p1} - ? E_{p2} - ? A - ?$

Formulasi:

$E_{p1} = mgh_1;$
 $E_{p2} = mgh_2;$
 $A = -(E_{p2} - E_{p1}).$

Javob: $E_{p1} = 250 \text{ J}; E_{p2} = 150 \text{ J}; A = 100 \text{ J}.$

Yechilishi:

$E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ J} = 250 \text{ J};$

$E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 15 \text{ J} = 150 \text{ J};$

$A = -(150 - 250) \text{ J} = 100 \text{ J}.$



Tayanch tushunchalar: og'irlik kuchining bajargan ishi, potensial energiya.



1. Jism h balandlikdan yerga tushganda qanday ish bajariladi?
2. Jismning h balandlikdagi potensial energiyasi qanday ifodalanadi?
3. Potensial energiya deb nimaga aytiladi?
4. Jism h_1 balandlikdan h_2 balandlikka tushganda og'irlik kuchining bajargan ishi qanday ifodalanadi?
5. Jismning vertikal harakatida qanday holda musbat, qay holda manfiy ish bajariladi?



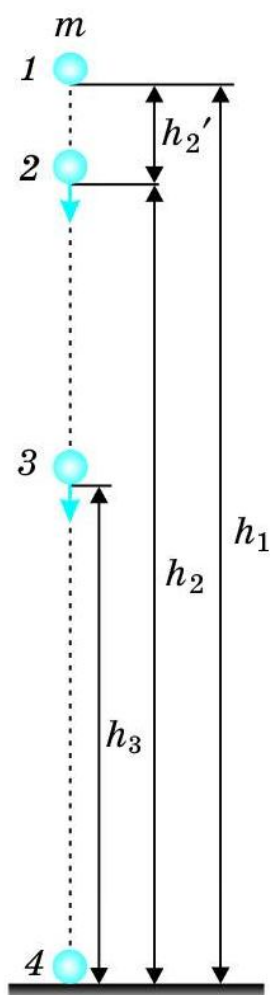
1. Massasi 200 g bo'lgan jismning 40 m balandlikda potensial energiyasi qancha bo'ladi? Jism shu balandlikdan yerga tushishida og'irlik kuchi qancha ish bajaradi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
2. 2 kg yuk 5 m balandlikdan 12 m balandlikka olib chiqildi. Shu balandliklarda jismning potensial energiyalari qancha bo'ladi? Jismni yuqoriga olib chiqishda qancha ish bajariladi?

3. Binoning 9-qavatida turgan 40 kg massali bolaning yerga nisbatan potensial energiyasi qancha bo‘ladi? Har bir qavat balandligini 3 m deb oling.



“Mexanik ish” va “Potensial energiya” mavzularida keltirilgan tajriba va ma’lumotlar asosida “Jismni ko‘tarishda va shu masofaga gorizontol ko‘chirishda bajarilgan ishni o‘lchash” mavzusi bo‘yicha laborotoriya ishi bajariladi.

42-§. POTENSIAL VA KINETIK ENERGIYALARNING AYLANISHI



102-rasm.
Jismning erkin tushishida energiyaning aylanishi.

Massasi $m = 1$ kg massali jism $h_1 = 45$ m balandlikdan tashlanganda uning potensial va kinetik energiyalari qanday o‘zgarishini ko‘raylik (102-rasm). Bunda erkin tushish tezlanishini $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olaylik.

1-holat. $h_1 = 45$ m balandlikda jismning potensial va kinetik energiyalari quyidagicha bo‘ladi:

$$E_{p1} = mgh_1; \quad E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 45 \text{ J} = 450 \text{ J};$$

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; \quad E_{k1} = \frac{1 \cdot 0^2}{2} \text{ J} = 0.$$



Yerdan ma’lum balandlikda tinch turgan jismning potensial energiyasi maksimal qiymatga, kinetik energiyasi esa nolga teng bo‘ladi.

2-holat. Balandlikdan qo‘yib yuborilgan jism erkin tushishda $t = 1$ s da $h_2' = gt^2/2 = 10 \cdot 1^2/2 \text{ m} = 5$ m masofani bosib o‘tadi. Binobarin, bu vaqtda jism yerdan $h_2 = h - h_2' = 45 \text{ m} - 5 \text{ m} = 40$ m balandlikda bo‘ladi. Bu vaqtda jismning tezligi $v_2 = gt_2 = 10 \cdot 1 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$ qiymatga erishadi. U holda $h = 45$ m balandlikdan tushayotgan jismning $h_2 = 40$ m balandlikdagi potensial va kinetik energiyalari quyidagicha bo‘ladi:

$$E_{p2} = mgh_2; \quad E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ J} = 400 \text{ J};$$

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}; \quad E_{k2} = \frac{1 \cdot 10^2}{2} \text{ J} = 50 \text{ J}.$$

3-holat. $h_1 = 45$ m balandlikdan tashlangan jism 2 s davomida 20 m masofani bosib o'tadi. Bunda jismning yerdan balandligi $h_3 = 25$ m, tezligi esa $v_3 = 20$ m/s ga teng bo'ladi. Bu vaqtda jismning potensial va kinetik energiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$E_{p3} = mgh_3; \quad E_{p3} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ J} = 250 \text{ J};$$

$$E_{k3} = \frac{mv_3^2}{2}; \quad E_{k3} = \frac{1 \cdot 20^2}{2} \text{ J} = 200 \text{ J}.$$



Balandlikdan erkin tushayotganda jismning potensial energiyasi kamayib, kinetik energiyasi esa ortib boradi, ya'ni jismning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanib boradi.

4-holat. $h_1 = 45$ m balandlikdan tashlangan jism 3 s da yerga yetib keladi, ya'ni jismning yerdan balandligi $h_4 = 0$ ga teng bo'ladi. Jism bu vaqtda yerga $v_4 = 30$ m/s tezlik bilan uriladi. Jismning yerga urilish paytidagi potensial va kinetik energiyalari quyidagicha bo'ladi:

$$E_{p4} = mgh_4; \quad E_{p4} = 1 \cdot 10 \cdot 0 \text{ J} = 0;$$

$$E_{k4} = \frac{mv_4^2}{2}; \quad E_{k4} = \frac{1 \cdot 30^2}{2} \text{ J} = 450 \text{ J}.$$



Balandlikdan erkin tushayotgan jism yerga urilish paytida uning potensial energiyasi nolga, kinetik energiyasi esa maksimal qiymatga teng bo'ladi.

Jism yuqoriga tik otilganda teskari jarayon kuzatiladi. Bunda jism yuqoriga ko'tarilgan sari kinetik energiyasi maksimal qiymatdan nolga qadar kamayib boradi. Jismning potensial energiyasi esa noldan maksimal qiymatga qadar ortib boradi.

Potensial energiyaning o'zgarishi jismning faqat vertikal harakatida emas, harakat trayektoriyasi ixtiyoriy bo'lganda ham namoyon bo'ladi. Masalan, binoning 7-qavatida 2 kg massali jism turgan bo'lsin. Agar binoning har bir qavatini orasini 3 m dan deb olsak, 7-qavatda turgan jismning yerga, ya'ni 1-qavatga nisbatan potensial energiyasi 360 J ga teng bo'ladi. Shu jismni 3-qavatga zinadan olib tushilsa ham, liftida keltirilganda ham bu qavatda uning potensial energiyasi 120 J ga teng bo'ladi.

Masala yechish namunasi

Massasi 200 g bo'lgan jism 15 m/s tezlik bilan yuqoriga tik ravishda otildi. 1 s dan keyin jismning kinetik energiyasi va otilgan nuqtaga nisbatan potensial energiyasi qancha bo'ladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg};$ $v_0 = 15 \text{ m/s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$v = v_0 - at;$ $E_k = \frac{mv^2}{2};$ $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2};$ $E_p = mgh.$	$v = 15 \text{ m/s} - 10 \cdot 1 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s};$ $E_k = \frac{0,2 \cdot 5^2}{2} \text{ J} = 2,5 \text{ J};$ $h = 15 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} \text{ m} = 10 \text{ m};$ $E_p = 0,2 \cdot 10 \cdot 10 \text{ J} = 20 \text{ J}.$
Topish kerak: $E_k - ? \quad E_p - ?$		



Tayanch tushunchalar: jismning potensial va kinetik energiyalarining aylanishi.



- 102-rasmda tasvirlangan jism qo'yib yuborilgandan 1 s, 2 s va 3 s vaqt o'tgandan keyin qanday balandlikda bo'lishini keltirib chiqaring va tushuntirib bering.
- Ma'lum bir balandlikda turgan jismning potensial energiyasi qanday qiymatga ega bo'ladi? Kinetik energiyasi-chi?
- Balandlikdan erkin tushayotgan jismning potensial va kinetik energiyalari qanday o'zgaradi?
- Balandlikdan erkin tushayotgan jismning kinetik energiyasi yerga kelib urilish vaqtida kinetik energiyasi qanday qiymatga ega bo'ladi? Potensial energiyasi-chi?



- 125 m balandlikda turgan 200 g massali jism qo'yib yuborildi. Jism harakatining uchinchi va beshinchi sekund oxirlarida potensial va kinetik energiyalari qancha bo'ladi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
- 100 g massali jism tik yuqoriga 30 m/s tezlik bilan otildi. 2 s dan keyin uning kinetik va potensial energiyalari qancha bo'ladi? Eng yuqori balandlikda jism qanday potensial energiyaga ega bo'ladi?
- Kopyor to'qmog'i 6 m balandlikdan tushib, qoziqni urganda 18 kJ kinetik energiyaga ega bo'ladi. Shunday balandlikda to'qmoqning potensial energiyasi qoziqqa nisbatan qancha bo'ladi? Kinetik energiyasi-chi? To'qmoqning massasi qancha?

43-§. MEXANIK ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

102-rasmda tasvirlangan jismning $h = 45$ m balandlikdan tushish davomida ko‘rilgan 4 ta holatning har birida kinetik va potensial energiyalarning yig‘indisi qanday bo‘ladi?

$$1\text{-holatda: } E_{p1} + E_{k1} = 450 \text{ J} + 0 = 450 \text{ J.}$$

$$2\text{-holatda: } E_{p2} + E_{k2} = 400 \text{ J} + 50 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

$$3\text{-holatda: } E_{p3} + E_{k3} = 250 \text{ J} + 200 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

$$4\text{-holatda: } E_{p4} + E_{k4} = 0 + 450 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

Bundan quyidagi xulosani chiqarish mumkin:



Balandlikdan erkin tushayotganda jismning ixtiyoriy vaqtdagi kinetik va potensial energiyalari yig‘indisi, ya’ni jismning to‘liq mexanik energiyasi o‘zgarmaydi.

Bu xulosa jismni yuqoriga tik ravishda otilgandagi holatlar uchun ham o‘rinlidir.

Ma’lumki, jism kinetik energiyasining o‘zgarishi bajarilgan ishga teng. Agar balandlikdan tushayotdan jismning 1-holatdagi kinetik energiyasi E_{k1} , 2-holatdagisi E_{k2} bo‘lsa, bajarilgan ish quyidagicha bo‘ladi:

$$A = E_{k2} - E_{k1}. \quad (1)$$

Shu ikki holat uchun jism potensial energiyasining o‘zgarishi ham xuddi shunday bajarilgan ishga teng, ya’ni:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (2)$$

(1) va (2) ifodalar o‘zaro tengligidan ularni birlashtirish mumkin:

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (3)$$

Jismlarning o‘zaro ta’siri va harakati natijasida kinetik energiya hamda potensial energiya shunday o‘zgaradiki, ulardan birining ortishi boshqasining kamayishiga teng. Ulardan biri qancha kamaysa, ikkinchisi shuncha ortadi.

(3) tenglikni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

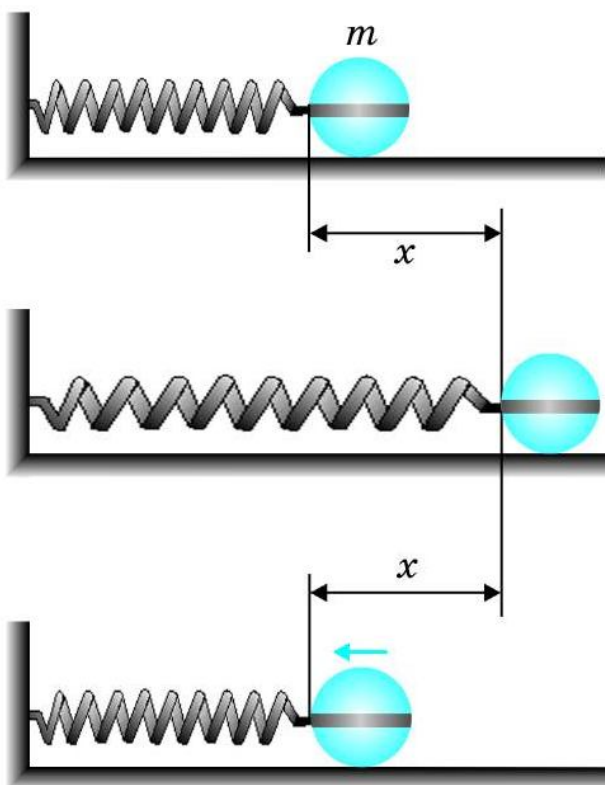
$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}. \quad (4)$$

Bu tenglikning chap tomoni 1-holatdagi, o‘ng tomoni esa 2-holatdagi jismning to‘liq mexanik energiyasini aks ettiradi. Bu tenglik **mexanik**

energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi. Energiyaning saqlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi:



Yopiq sistemaning to'liq mexanik energiyasi sistema qismlarining har qanday harakatida o'zgarmay qoladi.



103-rasm. Prujina va jismdan iborat yopiq sistemada mexanik energiyaning saqlanishi.

Shu vaqtgacha Yerning tortish kuchi ta'sirida jismning harakati, ya'ni Yer va jismdan iborat bo'lgan yopiq sistemadagi mexanik harakarni ko'rdik. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni boshqa yopiq sistemalar uchun ham o'rinlidir. Masalan, tayanch, prujina va jismdan iborat bo'lgan yopiq sistemani ko'raylik.

Tayanchga o'rnatilgan prujinaga m massali jismni mahkamlab, uni x masofaga tortib turaylik (103-rasm). Bunda jismning kinetik energiyasi $E_{k1} = mv_1^2/2 = 0$, potensial energiyasi esa $E_{p1} = kx^2/2$ bo'ladi. Bunda x – prujinaning bikiqligi. Jismni qo'yib yuborsak, u prujinaning elastiklik kuchi tufayli tezlik oladi. Jism muvozanat holatdan o'tayotganda, ya'ni $x = 0$ masofada uning tezligi eng

katta qiymatga erishadi. Shunga muvofiq $E_{k2} = mv_2^2/2$ kinetik energiyasi ham maksimal qiymatda bo'ladi.

Prujina va jismdan iborat bo'lgan bunday yopiq sistema uchun ham (4) formula, ya'ni mexanik energiyaning saqlanish qonuni o'rinli bo'ladi.

Yuqorida prujinaning elastiklik kuchi ta'sirida jismning harakatida jism tayanch sirtida ishqalanishsiz harakatlanadi deb olindi.

Masala yechish namunasi

80 m balandlikdan erkin tushayotgan 1 kg massali jism balandlikning yarmisini o'tayotganida kinetik va potensial energiyalari nimaga teng? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$h_1 = 80 \text{ m};$	$E_{p1} = mgh_1;$	$E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 80 \text{ J} = 800 \text{ J};$
$h_2 = \frac{h_1}{2};$	$E_{p2} = mgh_2;$	$h_2 = \frac{80}{2} \text{ m} = 40 \text{ m};$
$g = 10 \text{ m/s}^2.$	$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$	$E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ J} = 400 \text{ J};$
Topish kerak:	tenglikda $E_{k1} = 0:$	$E_{k2} = 800 \text{ J} - 400 \text{ J} = 400 \text{ J}.$
$E_{p2} - ? \quad E_{k2} - ?$	$E_{k2} = E_{p1} - E_{p2}.$	Javob: $E_{p2} = 400 \text{ J}; \quad E_{k2} = 400 \text{ J}.$



Tayanch tushunchalar: to'liq mexanik energiya, mexanik energiya saqlanish qonuni.



1. Balandlikdan tashlangan jismning to'liq mexanik energiyasi o'zgarmasligini tushuntirib bering.
2. Mexanik energiya saqlanish qonuni qanday ifodalanadi va ta'riflanadi?
3. Prujina va jismdan iborat yopiq sistemada mexanik energiya saqlanishini tushuntirib bering.



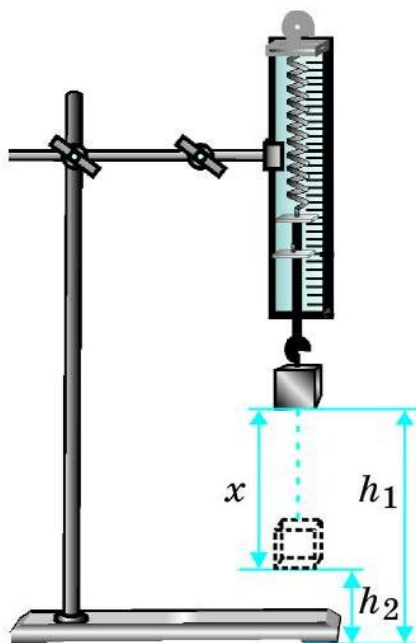
1. Massasi 200 g bo'lgan jism tik yuqoriga 30 m/s tezlik bilan otildi. Eng yuqori nuqtaga ko'tarilganda jismning potensial energiyasi qancha bo'ladi?
2. Balandlikdan qo'yib yuborilgan 500 g massali jismning to'liq mexanik energiyasi 200 J ga teng. Jism qanday balandlikdan qo'yib yuborilgan? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
3. 103-rasmda tasvirlangan jismning massasi 50 g, prujinani 10 sm ga cho'zib qo'yib yuborilganda erishgan eng katta tezligi 10 m/s bo'lsa, yopiq sistemaning to'liq mexanik energiyasi qancha bo'ladi? Bunday prujina qanday bikirlikka ega?

44-§. ENERGIYANING SAQLANISH QONUNINI O'RGANISH (4-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: prujinaga osilgan jism pastga harakatlanganda prujina va jism potensial energiyalarining o'zgarishi, mexanik energiya saqlanishini o'rganish.

Kerakli jihozlar: shtativ, prujinasining bikirligi 40–100 N/m orasida boʻlgan dinamometr, oʻlchov chizgʻichi, yuklar toʻplami.

Ishni bajarish tartibi



104-rasm. Prujina va yukning potensial energiyalari oʻzgarishi.

1. 104-rasmda koʻrsatilgan qurilmani yigʻing.
2. Yuklar toʻplamidan shunday yukni tanlab olingki, uni prujinaga osganda prujina taxminan 5–10 sm ga choʻzilsin.

3. Tanlangan yukni prujina ilgagiga iling va prujina choʻzilmasligi uchun uni ushlab turing. Bu holatda prujinaning potensial energiyasi $E'_{p1} = 0$ boʻladi. Ushbu holatda yukning yerdan balandligi h_1 ni oʻlchang. Oʻlchash natijalarini 5-jadvalga yozib boring.

4. Yukni asta-sekin qoʻyib yuboring. Prujina choʻzilgan holatda h_2 ni oʻlchang.

5. $x = h_1 - h_2$ formuladan prujinaning choʻzilish masofasi x ni hisoblang.

6. $E_{p1} = mgh_1$ va $E_{p2} = mgh_2$ formulalar yordamida yukning h_1 va h_2 balandlikdagi potensial energiyalarini hisoblang.

7. $E'_{p2} = kx^2/2$ formula yordamida choʻzilgan prujinaning potensial energiyasini (prujinaning bikirligini bilgan holda) hisoblang.

8. $E_{p1} + E'_{p1}$ va $E_{p2} + E'_{p2}$ yigʻindilarni hisoblang.

9. $E_{p1} + E'_{p1} = E_{p2} + E'_{p2}$ tenglik, yaʼni mexanik energiyaning saqlanish qonuni qanchalik bajarilishiga eʼtibor bering. Bu tenglikning chap va oʻng tomonidagi natijalar qanchalik bir-biriga yaqin chiqsa, tajriba shunchalik aniq bajarilgan boʻladi.

10. Tajribani turli massali yuklar olib 3 marta takrorlang.

5-jadval

№	h_1, m	h_2, m	x, m	E_{p1}, J	E_{p2}, J	E'_{p2}, J	$E_{p1} + E'_{p1}, \text{J}$	$E_{p2} + E'_{p2}, \text{J}$
1								
2								
3								

- ❓ 1. Elastiklik kuchining ishi va potensial energiya orasida qanday bog'lanish bor?
2. Tajribada $E_{p1} + E'_{p1} = E_{p2} + E'_{p2}$ tenglikning bajarilishi nimani bildiradi?
3. Yuk osilganda prujinaning potensial energiyasi qanchaga ortadi?
4. Yuk osilganda uning potensial energiyasi qanchaga kamayadi?
5. Tajriba natijalari asosida tahliliy xulosa chiqaring.

45-§. QUVVAT

Quvvat va uning birliklari

Bir xil mexanik ishni turli mashina turlicha vaqtda bajarishi mumkin. Masalan, katta kran yerda turgan 10 t g'ishtni 30 m balandlikka 1 minutda olib chiqishi mumkin. Kichik kran esa shuncha g'ishtni 2 t dan 5 marta ko'tarib yuqorigi chiqarishi mumkin. Bunda ikkala kran bir xil ish bajardi, lekin uni bajarish uchun turlicha vaqt sarfladi.

Mashina, dvigatel va turli xil mexanizmlarning ish bajara olish imkoniyatini taqqoslash uchun **quvvat** deb ataladigan fizik kattalik kiritilgan. Bir xil ishni bajaruvchi mashinalardan qaysi biri shu ishni qisqaroq vaqt ichida bajarsa, shunisi quvvatliroq bo'ladi. Mexanizmning quvvati N vaqt birligida bajargan ishi bilan ifodalanadi:

$$N = \frac{A}{t}. \quad (1)$$

✎ **Vaqt birligida bajarilgan ish quvvat deb ataladi.**

Xalqaro birliklar sistemasida quvvatning asosiy birligi qilib **vatt** (W) olingan. 1 W deganda 1 s ichida 1 J ish bajaradigan qurilmaning quvvati tushiniladi. Quvvat birligining nomi bug' mashinasini ixtiro qilgan ingliz olimi Jeyms Uatt (Watt) sharafiga qo'yilgan.

Amalda quvvatning boshqa birliklari – millivatt (mW), gektovatt (gW), kilovatt (kW), megavatt (MW) ham qo'llaniladi. Quvvatning asosiy va boshqa birliklari orasidagu munosabat quyidagicha:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mW} &= 0,001 \text{ W} = 10^{-3} \text{ W}, & 1 \text{ gW} &= 100 \text{ W} = 10^2 \text{ W}, \\ 1 \text{ kW} &= 1\,000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}, & 1 \text{ MW} &= 1\,000\,000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}. \end{aligned}$$

Quvvat ish va vaqt kabi skalyar kattalikdir.

Quvvat formulasidan ma'lum vaqt ichida bajarilgan ishni topish mumkin:

$$A = Nt. \quad (2)$$

Bu formula ish va energiya yana bir birligini kiritishga imkon beradi. Mexanik ishning birligi 1 W quvvatli mexanizmning 1 s davomida bajargan ishiga teng. Bu birlik **vatt-sekund** ($W \cdot s$) deb ataladi. Amalda ish va energiya kilovatt-soat ($kW \cdot soat$) va megavatt-soat ($MW \cdot soat$) birliklari ham ko'p qo'llaniladi. Ish va energiya asosiy birligi bilan bu birliklar orasidagi munosabat quyidagicha bo'ladi:

$$1 \text{ kW} \cdot \text{soat} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}; \quad 1 \text{ MW} \cdot \text{soat} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ J}.$$

Quvvat, kuch va tezlik orasidagi munosabat

Transport vositalari ko'pincha o'zgarmas tezlik bilan harakatlanadi. v tezlik bilan to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan avtomobil t vaqt davomida $s = vt$ masofani bosib o'tadi. Avtomobil o'zgarmas tezlik bilan harakat qilishi uchun uni harakatga keltiradigan motorning F kuchi ta'sir etib turishi kerak. Bu kuch avtomobilning harakatiga qarshilik qiladigan kuchlarga (turli ishqalanish kuchlariga) miqdor jihatdan teng va qarama-qarshi yo'nalgan. Shuning uchun avtomobil s masofani bosib o'tganda uning motori bajargan ish $A = Fs = Fvt$ ga teng bo'ladi. Agar $A = Nt$ ekanligini hisobga olsak, quvvatning quyidagi formulasi kelib chiqadi:

$$N = Fv. \quad (3)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, motorning quvvati qancha katta bo'lsa, avtomobilning tezligi ham shuncha katta bo'ladi. Shuning uchun katta tezlikda harakat qiladigan samolyot, poyezd, avtomobillarga katta quvvatli motorlar o'rnatiladi.

Yuqoridagi formuladan yana shuni anglash mumkinki, motorning quvvati o'zgarmas bo'lganda tezlik qancha katta bo'lsa, kuch shuncha kichik bo'ladi. Shuning uchun qiyalik bo'yicha tepalikka chiqishda avtomobilning tortish kuchini oshirish uchun tezlik kamaytiriladi.

Masala yechish namunasi

Katta kran 10 t g'ishtni, kichik kran esa 2 t g'ishtni 30 m balandlikka 1 minutda olib chiqdi. Har bir kran quvvatining foydali qismini toping. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$m_1 = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg};$ $m_2 = 2 \text{ t} = 2\,000 \text{ kg};$ $h = 30 \text{ m};$ $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$A_1 = m_1 gh;$ $A_2 = m_2 gh;$ $N_1 = \frac{A_1}{t};$ $N_2 = \frac{A_2}{t};$	$A_1 = (10\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ J} = 3\,000\,000 \text{ J};$ $A_2 = (2\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ J} = 600\,000 \text{ J};$ $N_1 = \frac{3\,000\,000}{60} \text{ W} = 50\,000 \text{ W} = 50 \text{ kW};$ $N_2 = \frac{600\,000}{60} \text{ W} = 10\,000 \text{ W} = 10 \text{ kW}.$
Topish kerak: $N_1 - ? \quad N_2 - ?$		Javob: $N_1 = 50 \text{ kW}; N_2 = 10 \text{ kW}.$



Tayanch tushuncha: quvvat.



1. Quvvat nima? U qanday birliklarda ifodalanadi?
2. Quvvat, kuch va tezlik orasidagi munosabat qanday ifodalanadi?
3. Ish va energiya joule (J) dan tashqari yana qanday birlikda o'lchanadi?
4. Avtomobil tepalikka chiqishda tortish kuchini oshirish uchun haydovchi nima qilishi kerak?



1. Agar bola 1 soatda 360 kJ ish bajargan bo'lsa, bola quvvatining foydali qismini toping.
2. Massasi 4 kg bo'lgan jism kuch ta'sirida gorizontaal sirtida 5 s davomida 15 m masofaga tekis harakatlantirib borildi. Sirpanuvchi sirtlarning ishqalanish koefitsienti 0,2 ga teng bo'lsa, jism harakatlantirilgandagi quvvatning foydali qismini toping. Ushbu va keyingi masalada $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.
3. Ot massasi 1 t bo'lgan aravani 1 km masofaga 10 minutda olib bordi. Agar aravaning harakatiga qarshilik koefitsienti 0,06 ga teng bo'lsa, ot quvvatining foydali qismini toping.
4. Samolyot 900 km/soat tezlik bilan uchmoqda. Motorining foydali quvvati 1,8 MW bo'lsa, uning tortish kuchi qancha?

46-§. TABIATDA ENERGIYANING SAQLANISHI. FOYDALI ISH KOEFFITSIENTI

Tabiatda energiyaning aylanishi va saqlanishi

Energiyaning saqlanish qonuni faqat mexanik hodisalar doirasida-gina emas, balki boshqa barcha fizik hodisalarda ham o'rinli. Bu

hodisalarda energiya bir turdan boshqa turlarga aylanishi mumkin. Masalan, ishqalanish kuchi ta'sirida harakatlanayotgan jism mexanik energiyasining bir qismi issiqlikka aylanadi.

Quyoshning yorug'lik energiyasi Yer yuzini isitadi, issiqlik tufayli suv havzalari va nam yerlardan suv bug'lari atmosferaga ko'tariladi, hosil bo'lgan bulutlardan yog'in yog'adi, bu yog'inlar daryolardagi suvni hosil qiladi, daryo suvining potentsial energiyasi baland to'g'ondan tushishida kinetik energiyaga aylanadi, suvning kinetik energiyasi gidroelektrstansiyalarda turbinani aylantiradi va elektr energiya hosil bo'ladi, elektr energiya esa xonadonlardagi elektr chiroqlari orqali yorug'lik energiyasiga aylanadi va h.k.

Shu tariqa tabiatda energiya yo'q bo'lib ketmaydi, u faqat bir turdan boshqa turga aylanadi. Bu energiyaning saqlanish qonunidir. Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi:



Tabiatda energiya hech vaqt bordan yo'q bo'lmaydi va yo'qdan bor bo'lmaydi, u faqat bir turdan boshqa turga yoki bir jismdan boshqa jismga o'tib, miqdor jihatdan o'zgarishsiz qoladi.

Mexanizmlarning foydali ish ko'effitsienti

Har qanday mashina yoki dvigatelning foydali ishi to'liq sarflangan energiyadan kichik bo'ladi. Chunki barcha mexanizmlarda ishqalanish kuchlari mavjud bo'lib, bu kuchlar natijasida qurilmalarning turli qismlari qiziydi. Sarflangan to'liq energiyaning bir qismi issiqlikka aylanib isrof bo'ladi, qolgan qismi foydali ish bajaradi.

Mashina va dvigatellar sarflanayotgan energiyaning qancha qismi foydali ish berishini ko'rsatadigan kattalik – foydali ish ko'effitsienti (qisqacha FIK) kiritilgan.



Foydali ishning sarflangan ishga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *foydali ish ko'effitsienti* deb ataladi va η harfi bilan belgilanadi.

Har qanday mexanizmning foydali ish ko'effitsientini protsent hisobida ifodalash mumkin. Agar foydali ishni A_f , sarflangan to'liq ishni A_t

bilan belgilasak, u holda FIK formulasi quyidagicha yoziladi:

$$\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%.$$

FIK birdan yoki 100% dan katta bo'la olmaydi. Mashina va dvigatellarda ishqalanish kuchlarining ishi tufayli to'liq energiyaning bir qismi isroflanadi va shu sababli FIK har doim birdan kichik bo'ladi. Energiya isrofining boshqa sabablari ham mavjud.

Masala yechish namunasi

Ko'tarma kranga quvvati 10 kW bo'lgan dvigatel o'rnatilgan. Kran massasi 5000 kg bo'lgan yukni 3 minut ichida 24 m balandlikka ko'taradi. Kranning FIKni toping. $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$N_t = 10 \text{ kW} = 10\,000 \text{ W};$ $m = 5000 \text{ kg}; h = 27 \text{ m};$ $t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$A_t = N_t t;$ $A_f = mgh;$ $\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%.$	$A_t = (10\,000 \cdot 180) \text{ J} = 1\,800\,000 \text{ J}.$ $A_f = (5000 \cdot 10 \cdot 27) \text{ J} = 1\,350\,000 \text{ J}.$ $\eta = \frac{1\,350\,000}{1\,800\,000} \cdot 100\% = 75\%.$
Topish kerak: $\eta - ?$		Javob: $\eta = 75\%.$



Tayanch tushunchalar: tabiatda energiyaning aylanishi, tabiatda energiyaning saqlanishi, Quyoshning yorug'lik energiyasi, gidro-elektrstansiya, foydali ish ko'effitsienti.



1. Tabiatda energiyaning aylanishini tushuntirib bering.
2. «Energiya hech vaqt bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan bor bo'lmaydi» deganda nimani tushunasiz?
3. Foydali ish ko'effitsienti deb qanday kattalikka aytiladi va u qanday ifodalanadi?
4. Nima sababdan FIK birdan (100% dan) katta bo'la olmaydi?



1. Avtomobilga quvvati 100 kW bo'lgan dvigatel o'rnatilgan. U 1 minutda 2,4 MJ foydali ish bajardi. Avtomobilning FIK ni toping.
2. Ko'tarish krani 10 kW quvvatli dvigatel bilan ishlaydi. Dvigatelning FIK 80% ga teng bo'lsa, massasi 2 t bo'lgan yuk 40 m balandlikka qancha vaqtda chiqariladi? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

3. Samolyot to'g'ri chiziq bo'ylab 900 km/soat tezlik bilan tekis uchmoqda. Dvigatellarining quvvati 1,8 MW va FIK 70% ga teng bo'lsa, tortish kuchi qancha?
4. Hidrostansiyaning balandligi 25 m bo'lgan to'g'onidan har sekundda 200 t suv tushadi. Elektr stansiyaning quvvati 10 MW. To'g'ondan tushayotgan suv mexanik energiyasining elektr energiyaga aylanish FIK qancha? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

VII BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ F kuch ta'sirida jism s masofaga ko'chsa, A ish bajariladi. Bunda bajarilgan ish kuchning shu kuch yo'nalishida bosib o'tgan yo'lning ko'paytmasiga teng: $A = Fs$.
- ◆ Kinetik energiya – jism harakatining miqdoriy o'lchovi. v tezlik bilan harakatlanayotgan m massali jismning kinetik energiyasi: $E_k = \frac{mv^2}{2}$.
- ◆ Kinetik energiyaning o'zgarishi bajarilgan ishga teng: $A = E_{k2} - E_{k1}$.
- ◆ Potensial energiya – o'zaro ta'sir qiluvchi jismlarning yoki qismlarining bir-biriga nisbatan vaziyatiga bog'liq bo'lgan energiya. Yerdan h balandlikda m massali jismning potensial energiyasi: $E_p = mgh$.
- ◆ Potensial energiyaning o'zgarishi bajarilgan ishga teng:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}).$$
- ◆ Balandlikdan erkin tushayotganda jismning potensial energiyasi kamayib, kinetik energiyasi esa ortib boradi, ya'ni jismning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanib boradi.
- ◆ Balandlikdan erkin tushayotganda jismning ixtiyoriy vaqtdagi kinetik va potensial energiyalari yig'indisi, ya'ni jismning to'liq mexanik energiyasi o'zgarmaydi: $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$.
- ◆ Energiyaning saqlanish qonuni: Yopiq sistemaning to'liq mexanik energiyasi sistema qismlarining har qanday harakatida o'zgarmay qoladi.
- ◆ Quvvat – vaqt birligida bajarilgan ish. Uning formulasi: $N = \frac{A}{t}$.
- ◆ Mexanizmning foydali ish koeffitsienti foydali ishning to'liq bajarilgan ishga nisbatiga teng: $\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100\%$.

VII BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. Massasi 1 kg bo'lgan jism 50 m balandlikdan 20 m balandlikka tushganda og'irlik kuchi qancha ish bajaradi? Ushbu va keyingi tegishli mashqlarda $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.
2. Bikirligi 10 000 N/m bo'lgan prujina muvozanat holatdan 8 sm masofaga cho'zildi. Shu holatda prujinaning potentsial energiyasi nimaga teng?
3. Prujinani 5 mm cho'zish uchun 3 kJ ish bajarish kerak. Shu prujinani 1,2 sm ga cho'zish uchun qancha ish bajarish kerak bo'ladi?
4. Massasi 1 kg bo'lgan jism 180 m balandlikdan erkin tushmoqda. Jism harakatining oltinchi sekund oxiridagi kinetik va potentsial energiyalari qancha bo'ladi?
5. Shtangachi massasi 180 kg bo'lgan shtangani 2 m balandlikka dast ko'targanda qancha ish bajariladi?
6. Kran uzunligi 7 m va kesimi 75 sm^2 bo'lgan po'lat g'o'lani gorizont tal vaziyatdan 60 m balandlikka ko'targanda qancha ish bajarishini toping. Po'latning zichligi $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
7. Massasi 250 g bo'lgan erkin tushayotgan jismning tezligi ma'lum yo'lda 1 m/s dan 9 m/s gacha ortdi. Shu yo'lda og'irlik kuchi bajargan ishni toping.
8. Ma'lum tezlik bilan harakatlanayotgan jismning impulsi $10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, kinetik energiyasi 50 J. Jismning tezligini va massasini toping.
9. Uzunligi 3 m va massasi 40 kg bo'lgan ustun yerda yotibdi. Uni vertikal qilib qo'yish uchun qancha ish bajarish kerak?
10. 60 m balandlikdan erkin tushayotgan massasi 0,5 kg bo'lgan jismning yer sirtidan 20 m balanddagi potentsial va kinetik energiyasini toping.
11. Tosh yuqoriga 20 m/s tezlik bilan otildi. Qanday balandlikda toshning kinetik va potentsial energiyalari o'zaro tenglashadi?
12. Gorizont tal sirtida jism 100 N kuch ta'sirida tekis harakatlanmoqda. Tashqi kuch ta'siri to'xtaganidan keyin jism 2 m masofaga sirpanib borib to'xtadi. Ishqalanish kuchining ishini toping.
13. Agar bola 0,5 soatda 180 kJ ish bajargan bo'lsa, uning foydali quvvatini toping.
14. Avtomobilga quvvati 250 kW bo'lgan dvigatel o'rnatilgan. U 1 soatda 360 MJ foydali ish bajardi. Avtomobilning FIKni toping.

MASHQLARNING JAVOBLARI

2-mashq. 3. $v = 1,5 \text{ m/s}$. 4. $v = 5 \text{ m/s}$. 5. $v = 80 \text{ km/h}$. **3-mashq.** 1. $s = 60 \text{ m}$. 2. $s = 30 \text{ km}$. 3. $t = 10 \text{ min}$. 4. $t = 0,5 \text{ h}$. **4-mashq.** 1. $v_{o'rt} = 0,5 \text{ m/s}$. 2. $v_{o'rt} = 90 \text{ km/h}$. 3. $v = 1,5 \text{ m/s}$. 4. Soat 7^{40} da. **5-mashq.** 1. $a = 2,5 \text{ m/s}^2$. 2. $a_1 = 0,5 \text{ m/s}^2$; $a_2 = -1,0 \text{ m/s}^2$. 3. $a = 0,5 \text{ m/s}^2$. 4. $t = 30 \text{ s}$. 5. $t = 50 \text{ s}$. **6-mashq.** 1. $v = 12 \text{ m/s}$. 2. $v = 15 \text{ m/s}$. 3. $v = 24 \text{ km/h}$; $v_{o'rt} = 42 \text{ km/h}$. 4. $v_0 = 5 \text{ m/s}$. **7-mashq.** 1. $s = 15 \text{ m}$. 2. $s = 1,4 \text{ km}$. **8-mashq.** 1. $v = 60 \text{ m/s}$; $h = 180 \text{ m}$. 2. $t = 4 \text{ s}$; $h = 80 \text{ m}$. 3. $v = 45 \text{ m/s}$; $h = 45 \text{ m}$. **9-mashq.** 1. $v = 5 \text{ m/s}$; $h = 30 \text{ m}$. 2. $h = 45 \text{ m}$; $t = 6 \text{ s}$. 3. $v = -10 \text{ m/s}$; $h = 75 \text{ m}$. **10-mashq.** 1. $v_1 = 0,5 \text{ m/s}$; $v_2 = 1 \text{ m/s}$; $v_3 = 1,5 \text{ m/s}$; $\omega = 10 \text{ rad/s}$. 2. $v = 10 \text{ m/s}$. 3. $v = 0,05 \text{ mm/s}$; $\Delta\varphi = 1 \text{ rad}$; $\omega \approx 0,0017 \text{ rad/s}$. 5. $v \approx 2,1 \text{ sm/s}$; $\omega \approx 0,0021 \text{ rad/s}$. **11-mashq.** 1. $v \approx 0,21 \text{ sm/s}$; $\omega \approx 0,21 \text{ rad/s}$. 2. $T = 0,05 \text{ s}$; $v = 20 \text{ 1/s}$; $\omega = 125,6 \text{ rad/s}$. 3. $T \approx 0,19 \text{ s}$; $v \approx 5,3 \text{ 1/s}$; $\omega \approx 33,3 \text{ rad/s}$. 4. $T = 0,25 \text{ s}$; $v = 6,28 \text{ m/s}$; $\omega = 25,12 \text{ rad/s}$. 5. $v \approx 465 \text{ m/s}$; $\omega \approx 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$. **12-mashq.** 1. $a = 100 \text{ m/s}^2$. 2. $a \approx 1786 \text{ m/s}^2$. 3. $a \approx 1893 \text{ m/s}^2$. 4. $R = 57,6 \text{ sm}$. 5. $T = 0,05 \text{ s}$; $v = 18,84 \text{ m/s}$; $\omega = 125,6 \text{ rad/s}$; $a \approx 2366 \text{ m/s}^2$. **13-mashq.** 1. $a_1 = 0,1 \text{ m/s}^2$; $a_2 = 0,2 \text{ m/s}^2$; $a_3 = 0,3 \text{ m/s}^2$. 2. $a_1 = 0,1 \text{ m/s}^2$; $a_2 = 0,05 \text{ m/s}^2$; $a_3 \approx 0,033 \text{ m/s}^2$. 3. $F = 0,5 \text{ N}$. 4. $m = 0,5 \text{ kg}$. **14-mashq.** 2. $F_2 = F_1 = 40 \text{ N}$; $a_1 = 0,8 \text{ m/s}^2$; $a_2 \approx 0,7 \text{ m/s}^2$; $v_1 > v_2$. 3. $a = 2 \text{ m/s}^2$; $m = 40 \text{ kg}$. 4. $F = 20 \text{ N}$. **15-mashq.** 1. $v = 7,85 \text{ m/s}$; $F \approx 4,9 \text{ N}$. 2. A. $v = 7,85 \text{ m/s}$; $F \approx 9,8 \text{ N}$. B. $v = 15,7 \text{ m/s}$; $F \approx 9,8 \text{ N}$. D. $v = 3,925 \text{ m/s}$; $F \approx 1,2 \text{ N}$. 3. $m = 200 \text{ kg}$; $a = 12,5 \text{ m/s}^2$. **16-mashq.** 1. $k = 80 \text{ N/m}$. 2. $\Delta l = 2 \text{ sm}$. 3. $F_t = 40 \text{ N}$. 4. $\Delta l = 1 \text{ sm}$. 5. $k = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}$. 6. $k_2 = 200 \text{ N/m}$. **17-mashq.** 1. $F \approx 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$. 2. $F \approx 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ N}$. 3. $F \approx 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. **18-mashq.** 1. $F = F_{o'g} = 2 \text{ kN}$. 3. $m = 2 \text{ t}$. **19-mashq.** 1. $P = 0,5 \text{ N}$. 2. $P = 0,8 \text{ N}$. 3. $P = F_{el} = 2 \text{ N}$. **20-mashq.** 1. $P = 6 \text{ N}$. 2. $a = 3 \text{ m/s}^2$. 3. $P = 2 \text{ N}$. 4. $P = 0$. **21-mashq.** 1. $h = 45 \text{ m}$; $s = 24 \text{ m}$. 2. $t = 5 \text{ s}$; $h = 125 \text{ m}$. 3. $v_I/v_a = 355,5$; $v_I/v_s = 31,6$. **22-mashq.** 1. $F_{i(s)} = 20 \text{ N}$. 2. $F = 12 \text{ N}$. 3. $F_{i(d)} = 0,06 \text{ N}$. 4. $F_{i(s)} = 3,6 \text{ N}$; $F_{i(s)}/F_{i(d)} = 60$. **23-mashq.** 1. $I_1 = 20 \text{ N} \cdot \text{s}$, $I_2 = 1 \text{ N} \cdot \text{s}$. 2. $p_1 = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; $p_2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; $p_3 = 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. 3. $I = 10 \text{ N} \cdot \text{s}$. 4. $I = 0,03 \text{ N} \cdot \text{s}$. **24-mashq.** 1. $m_2 = 30 \text{ t}$. 2. $v'_1 = v'_2 = 4,5 \text{ m/s}$. 3. $v'_2 = 4 \text{ m/s}$. **25-mashq.** 1. $A = 2 \text{ kJ}$. 2. $A_1 = 72 \text{ kJ}$; $A_2 = 96 \text{ kJ}$; $A_3 = 120 \text{ kJ}$; $A = 288 \text{ kJ}$. 3. $F = 120 \text{ kN}$. **26-mashq.** 1. $E_k = 12,5 \text{ J}$. 2. $A = 240 \text{ kJ}$. 3. $A = 15 \text{ kJ}$. 4. $A = -120 \text{ MJ}$. 5. $m = 1350 \text{ kg}$. **27-mashq.** 1. $E_p = 80 \text{ kJ}$. 2. $E_{p1} = 100 \text{ J}$; $E_{p2} = 240 \text{ J}$; $A = -140 \text{ J}$. 3. $A = 9,6 \text{ kJ}$. **28-mashq.** 1. $E_{k1} = 90 \text{ J}$; $E_{p1} = 160 \text{ J}$; $E_{k2} = 250 \text{ J}$; $E_{p2} = 0$. 2. $E_{k1} = 5 \text{ J}$; $E_{p1} = 40 \text{ J}$; $E_{p2} = 45 \text{ J}$. 3. $E_{p1} = 18 \text{ kJ}$; $E_{k1} = 0$; $m = 300 \text{ kg}$. **29-mashq.** 1. $E_p = 90 \text{ J}$. 2. $h = 40 \text{ m}$. 3. $E_k + E_p = 2,5 \text{ J}$; $k = 500 \text{ N/m}$. **30-mashq.** 1. $N = 100 \text{ W}$. 2. $N = 24 \text{ W}$. 3. $N = 1 \text{ kW}$. 4. $F = 7,2 \text{ kN}$. **31-mashq.** 1. $\eta = 40\%$. 2. $t = 1 \text{ min } 40 \text{ s}$. 3. $F = 7 \text{ kN}$. 4. $\eta = 20\%$.

MUNDARIJA

Kirish	3
KINEMATIKA ASOSLARI	7
I bob. Harakat haqida umumiy ma'lumotlar	
1-§. Jismlarning harakati.....	8
2-§. Fazo va vaqt	11
3-§. Kinematikaning asosiy tushunchalari	14
4-§. Vektor kattaliklar va ular ustida amallar	17
I bob bo'yicha xulosalar	23
I bobga oid qo'shimcha savol va mashqlar	24
II bob. To'g'ri chiziqli harakat	
5-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat haqida tushuncha	25
6-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat tezligi	27
7-§. To'g'ri chiziqli tekis harakatning grafik tasviri	30
8-§. Notekis harakatda tezlik	33
9-§. Tekis o'zgaruvchan harakatda tezlanish	36
10-§. Tekis o'zgaruvchan harakat tezligi	39
11-§. Tekis o'zgaruvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l	43
12-§. Tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jism tezlanishini aniqlash (1-laboratoriya ishi)	46
13-§. Jismlarning erkin tushishi	47
14-§. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati	49
II bob bo'yicha xulosalar	51
II bobga oid qo'shimcha mashqlar	52
III bob. Aylanma tekis harakat	
15-§. Jismning aylanma tekis harakati	54
16-§. Aylanma harakatni tavsiflaydigan kattaliklar orasidagi munosabatlar ..	57
17-§. Markazga intilma tezlanish	60
III bob bo'yicha xulosalar	63
III bobga oid qo'shimcha mashqlar	63
DINAMIKA ASOSLARI	65
IV bob. Harakat qonunlari	
18-§. Nyutonning birinchi qonuni – inersiya qonuni	66
19-§. Jismlarning o'zaro ta'siri. Kuch	68
20-§. Jism massasi	70
21-§. Nyutonning ikkinchi qonuni	73

22-§. Nyutonning uchinchi qonuni	77
23-§. Harakat qonunlarining aylanma harakatga tatbiqi	80
IV bob bo'yicha xulosalar	83
IV bobga oid qo'shimcha mashqlar	84

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

24-§. Elastiklik kuchi	86
25-§. Prujina bikirligini aniqlash (2-laboratoriya ishi)	89
26-§. Butun olam tortishish qonuni	90
27-§. Og'irlik kuchi	93
28-§. Jismning og'irligi	95
29-§. Yuklama va vaznsizlik	98
30-§. Yerning tortish kuchi ta'sirida jismlarning harakati	101
31-§. Yerning sun'iy yo'ldoshlari	104
32-§. Ishqalanish kuchi. Tinchlikdagi ishqalanish	107
33-§. Sirpanish ishqalanish. Dumalash ishqalanish	110
34-§. Sirpanish ishqalanish koeffitsientini aniqlash (3-laboratoriya ishi) ...	113
35-§. Tabiatda va texnikada ishqalanish	114
V bob bo'yicha xulosalar	117
V bobga oid qo'shimcha mashqlar	118

SAQLANISH QONUNLARI

VI bob. Impulsning saqlanish qonuni

36-§. Impuls	121
37-§. Impulsning saqlanish qonuni	125
38-§. Reaktiv harakat	128
VI bob bo'yicha xulosalar	132
VI bobga oid qo'shimcha mashqlar	133

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

39-§. Mexanik ish	134
40-§. Kinetik energiya	137
41-§. Potensial energiya	140
42-§. Potensial va kinetik energiyalarning aylanishi	142
43-§. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni	145
44-§. Energiyaning saqlanish qonunini o'rganish (4-laboratoriya ishi)	147
45-§. Quvvat	149
46-§. Tabiatda energiyaning saqlanishi. Foydali ish koeffitsienti	151
VII bob bo'yicha xulosalar	154
VII bobga oid qo'shimcha mashqlar	155
Mashqlarning javoblari	156

UO‘K:53(075)

22.3

H-11

H-11

Habibullayev, Po‘lat Qirg‘izboyevich.

Fizika: umumiy o‘rta ta‘lim maktablari 7-sinfi uchun darslik / P.Q.Habibullayev, A.Boydedayev, A.D.Bahromov. – Qayta ishlangan uchinchi nashr. — T.: «O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Davlat ilmiy nashriyoti, 2013. — 160 b.

KBK 22.3ya72

O‘quv nashri

HABIBULLAYEV PO‘LAT QIRG‘IZBOYEVICH
BOYDEDAYEV AHMADJON
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH

F I Z I K A

Umumiy o‘rta ta‘lim maktablarining
7-sinfi uchun darslik

Qayta ishlangan uchinchi nashr

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi»
Davlat ilmiy nashriyoti
Toshkent–2013

Muharrir M. To‘ychiyev
Sahifalovchi dizayner A. Yoqubjonov

2013-yil 20.01 da bosishga ruxsat etildi. Bichimi 70x90 1/16.
«SchoolBook» garniturası, kegl 11,5. Ofset bosma. Shartli bosma
tabog‘i 11,7. Nashr tabog‘i 9,27. Adadi 366597. 13–123 buyurtma.

«O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi» Davlat ilmiy nashriyoti.
100129, Toshkent sh., Navoiy ko‘chasi, 30.

O‘zbekiston matbuot va axborot agentligining «O‘zbekiston» nashriyot-matbaa
ijodiy uyi bosmaxonasida bosildi. Toshkent–129, Navoiy ko‘chasi, 30-uy.

Ijaraga berilgan darslik holatini ko'rsatuvchi jadval

Nº	O'quvchining ismi va familiyasi	O'quv yili	Darslikning olingandagi holati	Sinf rahbarining imzosi	Darslikning topshirilgandagi holati	Sinf rahbarining imzosi
1						
2						
3						
4						
5						
6						

**Darslik ijaraga berilib, o'quv yili yakunida qaytarib
olinganda yuqoridagi jadval sinf rahbari tomonidan quyidagi
baholash mezonlariga asosan to'ldiriladi:**

Yangi	Darslikning birinchi marotaba foydalanishga berilgandagi holati
Yaxshi	Muqova butun, darslikning asosiy qismidan ajralmagan. Barcha varaqlari mavjud, yirtilmagan, ko'chmagan, betlarda yozuv va chiziqlar yo'q.
Qoniqarli	Muqova ezilgan, birmuncha chizilib, chetlari yedirilgan, darslikning asosiy qismidan ajralish holati bor, foydalanuvchi tomonidan qoniqarli ta'mirlangan. Ko'chgan varaqlari qayta ta'mirlangan, ayrim betlarga chizilgan.
Qoniqarsiz	Muqovaga chizilgan, yirtilgan, asosiy qismidan ajralgan yoki butunlay yo'q, qoniqarsiz ta'mirlangan. Betlari yirtilgan, varaqlari yetishmaydi, chizib, bo'yab tashlangan. Darslikni tiklab bo'lmaydi.