



I bob. MEXANIK HARAKAT HAQIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

1-§. JISMLARNING HARAKATI

Mexanik harakat



2-rasm. Jismlarning mexanik harakati

Tevarak-atrofimizda velosiped, avtomobil va odamlar yurishini; osmonda qush, vertolyot, samolyot va raketalar uchishini (2-rasm); suvda baliq, akula va delfinlar suzishini; Yer Quyosh atrofida, Oy esa Yer atrofida aylanishini kuzatishimiz mumkin. Jismning harakati ma'lum qonun-qoidalarga bo'ysunadi. Masalan, olimlar kuzatish natijalari asosida osmon jismlarining qaysi vaqtda fazoning qaysi joyida bo'lishini aniqlay oladilar. Jumladan, ular Oy va Quyoshning qachon tutilishini oldindan aytib berishlari mumkin.

Har qanday jismning mexanik harakati boshqa jismga nisbatan kuzatiladi. Masalan, avtomobil ko'cha bo'yidagi daraxt yoki binolarga nisbatan, daryo suvi qirg'oqlarga nisbatan, samolyot Yerdagi bino, osmondagi bulutlarga nisbatan harakat qiladi. Jism harakati kuzatuvchining vaziyatiga qarab turlicha bo'ladi.



Jismning mexanik harakati deb, uning boshqa jismlarga nisbatan fazodagi vaziyatining vaqt o'tishi bilan o'zgarishiga aytiladi.

Harakatning nisbiyligi

Odatda, jismning vaziyati yerga nisbatan o'zgarmasa, u tinch turibdi, deymiz. Aslida, jismning tinch yoki harakat holati nisbiydir. Qayiqda o'tirgan odam qayiqqa nisbatan tinch holatda bo'lsa, daryo qirg'og'iga nisbatan harakatda bo'ladi. Yerdagi barcha narsalar go'yoki tinch turganga o'xshaydi. Lekin ular Yer bilan birga Quyosh atrofida aylanadi, ya'ni harakatda bo'ladi. Ma'lum tezlikda ketayotgan poyezd ichida yurib ketayotgan odam vagonga nisbatan kichik tezlikda harakatlansa, tashqaridagi temiryo'l relsiga nisbatan katta tezlikda harakatlanayotgan bo'ladi. Bu odam tezligi turli jismlarga nisbatan turlicha bo'ladi. Boshqa jismlar bo'lmasa, yakka bir jism tezligi haqida biron bir fikr yuritish mumkin emas.



Barcha jismlarning harakati nisbiy bo'lib, ularning tinch turishi ham nisbiydir.

Sanoq jism

Harakatning nisbiyligini hisobga olish uchun «sanoq jism» tushunchasi kiritiladi. Masalan, odam va avtomobillarning harakati yoki tinch holati Yerga nisbatan olinadi. Bu holda Yer – sanoq jism hisoblanadi. Atrofimizdagi barcha jismlarning tinchlik holati yoki mexanik harakati ana shunday sanoq jismlarga nisbatan qaraladi. Agar Yerning Quyosh atrofidagi harakati qaralayotgan bo'lsa, Quyosh sanoq jism bo'ladi.



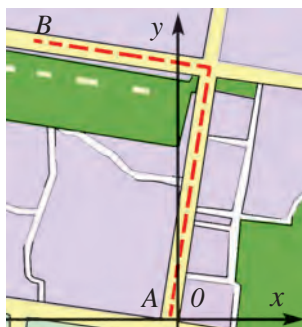
Jismning harakati yoki tinch holati qaysi jismga nisbatan kuza-tilayotgan bo'lsa, o'sha jism sanoq jism deb ataladi.

3-rasmda yerga nisbatan 10 m/s tezlik bilan ketayotgan platforma ustida shu yo'nalishda 1 m/s tezlik bilan ketayotgan odam tasvirlangan. Bu odamning harakati uchun platforma sanoq jism deb olinsa, uning tezligi 1 m/s bo'ladi. Agar sanoq jism sifatida Yer tanlab olinsa, odamning tezligi 11 m/s bo'ladi ($10 \text{ m/s} + 1 \text{ m/s} = 11 \text{ m/s}$). 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 kuza-tilayotgan bo'lsa, ayni paytda shu daraxt sanoq jism deb olinadi.



3-rasm. Platforma ustidagi odam harakati nisbiydir

Sanoq sistemasi



4-rasm. Avtomobil harakatini ikki o'ldamli koordinatada ifodalash

Jismning mexanik harakati haqida to'liq ma'lumot berish kerak bo'lsin. Masalan, avtomobil shaharning A punktidan B punktiga borishini tahlil qilaylik. Uning tekislikdagi harakatini ifodalash uchun quyidagi usuldan foydalanishimiz mumkin. Shahar xaritasini olib, unda harakat boshlangan A punkt, ya'ni sanoq jismni topamiz (4-rasm). Shu nuqtadan o'tuvchi G'arbdan Sharqqa va Janubdan Shimolga yo'nalgan ikkita masshtabi ko'rsatilgan o'q o'tkazamiz. Bu bilan ikki o'ldamli koordinatalar sistemasini hosil qilamiz. Avtomobil yurgan ko'chalar bo'yicha chiziq o'tkazsak, avtomobilning koordinatalar boshiga nisbatan harakat yo'li chizmasini ifodalagan bo'lamiz. Endi harakat davomida avtomobilning koordinatalar boshiga nisbatan qayerda va qachon bo'lgani aniq ko'rsatilsa, harakat haqida batafsil ma'lumot berilgan bo'ladi.

Agar parvozdagi raketaning koordinatalarini ifodalamoqchi bo'lsak, uning balandlik bo'yicha harakati haqidagi ma'lumotlarni ham ko'rsatishimiz kerak bo'ladi. Buning uchun tekislikdagi koordinatalar sistemasida yuqoriga yo'nalgan va koordinata boshidan o'tuvchi perpendikulyar o'q o'tkazamiz. Natijada uch o'ldamli koordinatalar sistemasi hosil bo'ladi.

Raketaning harakatini to'liq ifodalash uchun uchta parametr ko'rsatiladi:

- 1) sanoq jism (bu misolda Yer shari olinadi);
- 2) koordinatalar sistemasi (koordinata markazi Yer sharida raketa uchgan joydagi nuqtaga joylashtiriladi);
- 3) vaqt sanog'i (raketa uchish trayektoriyasining ma'lum bir nuqtasida qaysi vaqtda bo'lgani).



Sanoq jism, unga bog'liq koordinatalar sistemasi va shu harakatning vaqt sanog'i birgalikda sanoq sistemasini tashkil etadi.

Masalan, «Lasetti» avtomobili uydan chiqib, 10 minutda shimol yo'nalishida 8 km masofani bosib o'tgan bo'lsin. Bunda «Lasetti»ning uyda bo'lgan tinch holati ham, yo'ldagi harakati ham Yerga nisbatan qaraladi. «Lasetti» uchun Yer qo'zg'almas bo'lib, sanoq jism hisoblanadi. Haydovchi soati va avtomobilning spidometri yordamida 10 minut davomida avtomobil qancha masofani bosib o'tganini aniqlashi mumkin. Bunda uy – koordinata

I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar

boshi, undan 8 km uzoqlashish masofasi esa koordinata boshiga nisbatan bosib o'tilgan yo'l hisoblanadi. Bunda «Lasetti»ning harakatida Yer – sanoq jism, uy – koordinata boshi, haydovchidagi soat – jismning harakat vaqtini o'lchaydigan asbobdir. Ular birgalikda sanoq sistemasini tashkil etib, bu harakat haqidagi ma'lumotlarni to'liq ifodalashga yordam beradi.



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



1. Yunon olimi Ptolemey Quyosh Yer atrofida aylanadi, deb hisoblagan. Polshalik olim Kopernik esa Yer Quyosh atrofida aylanadi, degan fikrni ilgari surgan. Sizningcha, qaysi olimning fikri to'g'ri? O'z fikringizni asoslab bering.
2. Bir xil mustahkamlikka ega bo'lgan, pishirilgan ikkita bir xil tuxum olamiz. Ularning bir xil tomonlarini bir-biriga to'g'rilab, birinchisini tinch holatda tutib turamiz va ikkinchisi bilan birinchisiga zarb beramiz. Sizningcha, bunda tinch turgan tuxum sinadimi yoki zarb bergan tuxummi?

2-§. FAZO VA VAQT

Fazoning cheksizligi

Olamda mavjud bo'lgan barcha narsalar fazoda joylashgan. Fazoni egallamagan va fazodan tashqarida bo'lgan birorta ham obyekt mavjud emas va bo'lishi ham mumkin emas. Boshqacha aytganda, fazo materiya bilan uzluksiz bog'langan. Fazo cheksiz va chegarasizdir. Fazo haqidagi tasavvurlarimizni faqat matematik ko'rinishda – sonlar bilan ifodalashimiz mumkin. Demak, osmon jismlari orqasida yanada uzoq joylashgan boshqa jismlar mavjud. Biz osmondagi yulduzlardan faqat 3 mingtasini ko'ra olamiz, xolos. Yorug'lik nuri 1 sekundda 300 000 km masofani bosib o'tadi. Shunday tezlikda eng yaqin yulduz (sentavr)ning nuri bizga 4 yilda yetib keladi. Bu masofaning qanchalik kattaligini faqat hisob-kitoblar ko'rsatadi. Shu yulduzgacha bo'lgan masofani hisoblab ko'raylik:

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

Kinematika asoslari

Faraz qilib ko‘raylik. Soatiga 1000 km tezlikda uchadigan samolyotda Yerdan o‘sha yulduzga borishimiz kerak bo‘lsin. Hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki, buning uchun 4300 yildan ko‘proq vaqt davomida kecha-yu kunduz to‘xtamasdan uchishimiz kerak bo‘ladi.

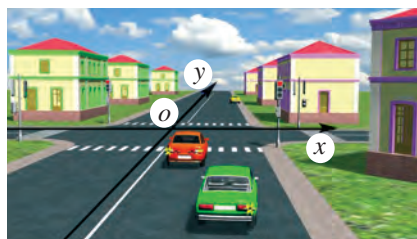
Bizga ko‘ringan yulduzlar ortida yana son-sanoqsiz yulduzlar bor. Fazoda bir-biriga bog‘liq ravishda harakat qiladigan yulduzlar sistemasi galaktikani tashkil etadi. Biz eng kuchli asboblardan foydalanishimizga qaramasdan, fazoning kichik bir qisminigina kuzata olishimiz sababli, galaktikalarning aniq sonini aniqlash qiyin. Olimlar hisobiga ko‘ra, Quyosh sistemasi o‘rin olgan bizning galaktikamizda 200 dan 400 milliardgacha yulduz borligi faraz qilinmoqda. Yorug‘lik tezligida harakat qilinsa, galaktikamizning bir chetidan ikkinchi chetiga borish uchun 100 ming yil kerak bo‘lar ekan. Bepoyon fazoda esa 100 dan 200 milliardgacha galaktikalar mavjud bo‘lib, har bir galaktikada yuz milliardlab yulduzlar bor deb hisoblanmoqda. Eng uzoqda topilgan galaktikaning yuborgan nuri bizga deyarli 10 milliard yildan keyin yetib keladi. Fazoning qanchalik kengligini tasavvur qilib ko‘ring. Demak, fazo cheksiz.

Fazoni uch o‘lchamli koordinatalarda tasvirlash



5-rasm. To‘g‘ri chiziqli harakatni bir o‘lchamli koordinatada tasvirlash

harakatlanmaganligi sababli qo‘shimcha koordinata o‘qlariga hojat yo‘q, uning harakatini bir o‘lchamli koordinatalarda tasvirlashning o‘zi yetarli.



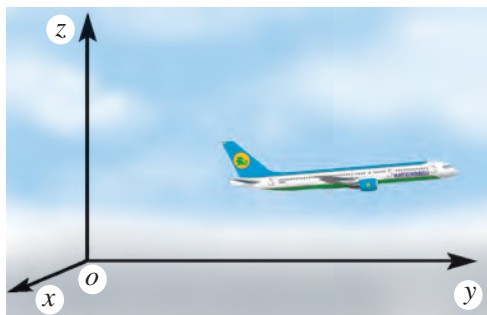
6-rasm. Tekislikdagi harakatni ikki o‘lchamli koordinatada tasvirlash

Tekis to‘g‘ri yo‘lda ketayotgan avtomobil harakatini chizmada ifodalash uchun masshtabi ko‘rsatilgan bitta to‘g‘ri chiziq yetarli (5-rasm). Temiryo‘lining to‘g‘ri chiziqli qismidagi poyezdning harakatini ifodalashga ham bir o‘lchamli koordinata o‘qi kerak. Bunda harakatlanayotgan jism o‘ng yoki chapga, shuningdek, yuqori yoki pastga o‘ngga burilishi, ya‘ni to‘g‘ri chiziqli harakatidan chetlashi mumkin. Yer sirtini katta bo‘lmagan masofalarda tekislik deb olsak, shu tekislikda odam, velosiped, avtomobillarning harakatini tasvirlash uchun ikki o‘lchamli koordinatalar kerak bo‘ladi. Demak, tekislikda vaziyati o‘zgarayotgan jismning harakatini, masalan, avtomobilning

I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar

harakatini koordinatalar tekisligida tasvirlash qulay (6-rasm).

Qush yerda, ya'ni tekislikda yurishi, yoki osmonda, ya'ni fazoda uchishi mumkin. Uning yerdagi harakatini ikki o'lchamli, osmondagi parvozini esa uch o'lchamli koordinatada ifodalash qulay. Samolyot parvozi harakat yo'nalishiga nisbatan tanlab olingan uch o'lchamli koordinatalar sistemasida tasvirlanadi (7-rasm).



7-rasm. Samolyot harakatini uch o'lchamli koordinatada tasvirlash

Havo sharining osmondagi, dengiz hayvonlarining esa suv ostidagi harakatini ifodalash uchun ham uch o'lchamli koordinatalar sistemasi kerak.



Fazoning asosiy xossalari: haqiqatan ham, mavjudligi, materiya bilan ajralmasligi (olamda fazo bilan bog'lanmagan bitta ham obyekt yo'q), cheksizligi, uch o'lchamliligi (barcha fizik obyektlarning bo'yi, eni va balandligi mavjud).

Vaqtning bir o'lchamli koordinatalarda tasvirlash

Har qanday jarayon, voqea, hodisa ma'lum bir makon (fazo) va zamon (vaqt)da sodir bo'ladi. Jism harakatlanadi, ya'ni o'z vaziyatini nafaqat fazoda, balki vaqt bo'yicha ham o'zgartiradi. Vaqtning o'lchash uchun takrorlanib turuvchi hodisaning takrorlanish davomiyligidan foydalaniladi. Masalan, Yerning o'z o'qi atrofida Quyoshga nisbatan bir marta aylanish vaqtini 24 soat deb yoki Yerning Quyosh atrofida bir marta aylanish vaqtini bir yil deb olishga kelishib olingan. Bir yil 31 556 926 sekundga teng. Shuning uchun 1 s o'tish davri Yerning Quyosh atrofida bir marta aylanish davrining 31 556 926 dan bir qismiga teng. Hozirda vaqtning katta aniqlikda o'lchaydigan kvartslar va molekulyar soatlar ishlatiladi. Ular vaqtning sekundning trilliondan bir qismicha aniqlikda o'lchashi mumkin. Vaqt o'zi bir o'lchamli koordinatalarda ifodalaniib, u o'tmishdan kelajakka tomon o'sib boruvchi kattalik sifatida qaraladi (8-rasm).



8-rasm. Vaqtning bir o'lchamli koordinatada ifodalash

Jismlar harakatini fazo va vaqtdan ajratgan holda tasavvur qilib bo'lmaydi. Shuning uchun ham jismlarning mavjudligi va ularning harakatlari fazoda va ma'lum vaqt davomida sodir bo'ladi, deb qaraladi.



Vaqt hodisalarning ketma-ket o'zgarish tartibini va jarayonlarning davomiyligini ifodalaydigan fizik kattalikdir. Vaqt xalqaro birliklar sistemasi (XBS)da sekunlarda o'lchanadi.

Bizni, asosan, jism fazodagi vaziyatining vaqtga bog'liqligi qiziqtiradi.



Tayanch tushunchalar: fazo, galaktika, vaqt, bir o'lchamli koordinatada, ikki o'lchamli koordinatada va uch o'lchamli koordinatada ifodalanadigan harakat, uch o'lchamli koordinatadagi fazo.



1. Faraz qilgan holda 99-betdagi ma'lumotlardan foydalanib, samolyotda Yerdan Oyga va Quyoshga borish uchun qancha vaqt uchish kerakligini hisoblang.

3-§. KINEMATIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI



Mexanikaning jism harakatini uning massasi va uni harakatga keltiruvchi sabablar hisobga olinmagan holda o'rganadigan bo'limiga kinematika deb ataladi.

Kinematikaning asosiy vazifasi jismlarning istalgan vaqtdagi koordinatalarini aniqlashdan iborat. Jism koordinatalarining vaqtga bog'liqligi haqidagi ma'lumotlar turli ko'rinishda: masalan, grafik, jadval yoki formula ko'rinishida berilishi, shuningdek, so'zlar bilan ifodalanishi mumkin. Bu ma'lumotlarni bilgan holda shu jismning istalgan vaqtdagi fazodagi o'rni aniq aytib beriladi. Buning uchun bir qator yangi tushunchalar bilan tanishib olishimiz kerak.

Moddiy nuqta

Uzoqda ketayotgan avtomobil shakli aniq ko'rinmaydi, u juda kichkina, hatto nuqta bo'lib ko'rinishi mumkin. Asli kichkina chumoliga mikroskop orqali qaraganimizda esa u bahaybat yirtqich bo'lib ko'rinadi. Jismlarning harakatini o'rganishda bir qator soddalashtirishlardan foydalanamiz. Bunday usullardan biri harakatlanayotgan jismning o'lchamlarini hisobga olmasdan, uni ko'rilyotgan jarayon yoki chizmalarda moddiy nuqta deb olishdan iborat.



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

I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar

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, samolyotning uzoq masofaga parvozi qaralayotganda, uni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin. 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 uy ichida ertalabki gimnastika mashqlarini bajarayotganida, uni moddiy nuqta deb bo'lmaydi. Kitobni sumkadan olib stolga qo'yish jarayonini rasmda ifodalashda kitobni qaysi tomoni bilan qo'yganligimizni ko'rsata olamiz. Lekin maktabga olib ketilayotgan kitob chizmada juda kichkina nuqta sifatida tasvirlanadi. Bu holda uni moddiy nuqta deb olish mumkin.

Moddiy nuqta tushunchasidan harakatlanayotgan jism o'lchami bosib o'tilgan masofaga nisbatan juda kichik bo'lgan holdagina emas, balki tahlil qilinayotgan jism o'lchami unga nisbatan qaralayotgan boshqa bir jismgacha bo'lgan masofaga nisbatan juda kichik bo'lganida ham foydalaniladi. Yer sharining o'lchamlari juda katta. Lekin Yer sayyorasining Quyosh atrofida aylanishi o'rganilayotganda, ular orasidagi masofa yanada kattaligi sababli, Yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin.

Trayektoriya

Doskaga bo'r bilan chizganda, qorli yo'lda avtomobil yurganda, osmondagi tosh bo'lagi – meteor atmosferadan o'tganda, ular iz qoldiradi (9-rasm). Bo'r, avtomobil va meteorning qoldirgan izi ularning harakat trayektoriyasidir.



9-rasm. Meteor jismning harakat trayektoriyasi

Jismlar o'z harakatida har doim ham iz qoldiravermaydi. Masalan, osmonda uchayotgan meteor iz qoldirsa, trampkindan sakrayotgan sportchi esa 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 bosib o'tgan nuqtalarini birlashtiruvchi chiziq harakat trayektoriyasi deb ataladi.

Yo'l va ko'chish

Jism trayektoriyasini miqdor jihatdan baholash uchun fizik kattalik – yo'l qabul qilingan.



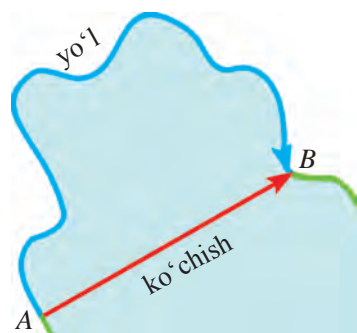
Jismning harakat trayektoriyasi bo'ylab bosib o'tgan masofasi, trayektoriya uzunligi yo'l deb ataladi va s harfi bilan belgilanadi.

Yo'lning, umuman, uzunlikning o'lchov birligi qilib metr qabul qilingan. Uning namunasi – etaloni etib Parijdagi Xalqaro O'lchovlar Byurosida saqlanadigan platina-iridiydan tayyorlangan maxsus sterjen uzunligi olingan.

Ba'zi hollarda jismning bosib o'tgan yo'li emas, balki u harakatni qaysi nuqtadan boshlab, qaysi nuqtada to'xtatgani ahamiyatliroqdir.



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



10-rasm. Yo'l va ko'chish

Siz ko'l qirg'og'idagi so'qmoqdan yurib, A nuqtadan B nuqtaga egri chiziqli trayektoriya bo'ylab 100 m yo'lni bosib o'tishingiz mumkin (10-rasm). Bunda ko'chish A nuqtadan B nuqtagacha bo'lgan masofaga, ya'ni 40 m ga teng bo'ladi. Do'stingiz esa qayiqda A nuqtadan B nuqtaga to'g'ri chiziq bo'yicha suzib o'tsa, trayektoriya va ko'chish ustma-ust tushib, uning uzunligi 40 m bo'ladi.

Toshkentdan Andijongacha ko'chish 245 km bo'lgani holda, avtomobil Toshkentdan Andijonga borish uchun 380 km yo'lni bosib o'tadi. To'g'ri chiziqli harakatda esa yo'l va ko'chish bir-biriga teng bo'ladi.

Mexanik harakat



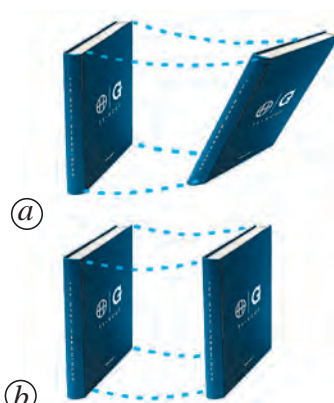
11-rasm. «Matiz»dagi ilgarilanma va aylanma harakat yo'nalishi

Soddalashtirish maqsadida jismlar harakati uch turga bo'lib o'rganiladi: ilgarilanma, aylanma va tebranma. Avtomashinaning korpusi ilgarilanma harakat qilsa, g'ildiraklari aylanma harakatlanadi (11-rasm). Motoridagi porshenlari esa tebranma harakat qiladi, deyish mumkin.

Ilgarilanma harakat

Agar jism ilgarilanma harakat qilsa, uning harakatini ifodalash uchun jismning bitta nuqtasi harakatini ifodalash yetarli. Masalan, stol ustidagi kitobni bir joydan boshqa joyga turlicha ko'chirish mumkin (12-rasm). (a) holda uning qirralari turlicha harakat qiladi. (b) holda kitob qirralarining harakat trayektoriyasi bir xil bo'ladi, ya'ni kitobning to'rttala qirralari trayektoriyalarini ustma-ust qo'yish mumkin. Kitobning ikkinchi holdagi harakati ilgarilanma harakatga misol bo'la oladi. Bunda kitobning qirralarigina emas, boshqa ixtiyoriy nuqtalari ham bir xil harakat qiladi.

Velosiped yoki motorli qayiqdagi odam ilgarilanma harakat qiladi. Lekin velosiped g'ildiragi va motor parraklarining harakati bunga misol bo'la olmaydi.



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



Harakat davomida jismning hamma nuqtalari bir xil ko'chsa, bunday harakatga ilgarilanma harakat deyiladi.

Ilgarilanma harakat qilayotgan jismning ixtiyoriy ikki nuqtasidan o'tkazilgan har qanday chiziq o'ziga o'zi parallel ravishda ko'chadi.

Tepaga ko'tarilayotgan lift, uchib ketayotgan samolyot va raketa ilgarilanma harakat qiladi. Istirohat bog'idagi charxpalak savati aylanma harakat qiladi (13-rasm). Lekin shu bilan bir vaqtda u ilgarilanma harakat ham qiladi. Chunki savatning 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 nuqtasi harakatini o'rganish kifoyadir. Shu sababli ilgarilanma harakat qilayotgan jismni moddiy nuqta deb qarash mumkin. Ilgarilanma harakat to'g'ri chizikli va egri chizikli bo'lishi mumkin.

Jismlar harakatini uch turga: ilgarilanma, aylanma va tebranma harakatlarga bo'lish shartli bo'lib, bu murakkab harakatlarni tahlil qilishni osonlashtiradi va matematik ko'rinishda ifodalash imkonini beradi.



13-rasm. Charxpalak savatlarining ilgarilanma harakati



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



1. Bitta jismni kuzatilayotgan turli jarayonlarning birida moddiy nuqta deb olish mumkin bo‘lgan, ikkinchisida esa mumkin bo‘lmagan hollarga bir nechta misol yozing.
2. Uyingizdan maktabgacha borish trayektoriyasi va ko‘chishni chizmada chizib, ular orasidagi masofalar farqini chamalab ko‘ring.

4-§. SKALYAR VA VEKTOR KATTALIKLAR HAMDA ULAR USTIDA AMALLAR

Skalyar kattaliklar

Fizik kattaliklarni ikkita guruh – skalyar va vektor kattaliklarga bo‘lish mumkin.



Yo‘nalishining ahamiyati bo‘lmagan, 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:

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

Bu 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, $m = 12$ kg bo‘lsa, uni 3 ga ko‘paytirish va bo‘lish quyidagicha bajariladi:

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

To‘g‘ri chiziq bo‘yicha harakatda jism qayerdan harakatni boshladi, qaysi tomonga harakatlandi va bosib o‘tilgan yo‘lning kattaligini bilish bu jismning harakat oxiridagi vaziyatini aniqlash uchun yetarlidir.

Vektor kattaliklar

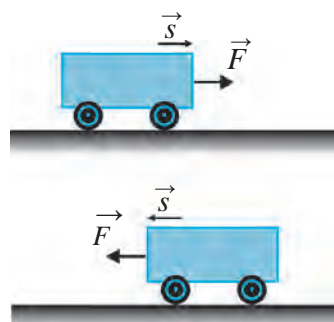
Ba‘zi fizik kattaliklar bilan ish ko‘rilganda ularning son qiymatini bilish kifoya qilmaydi, ularning yo‘nalishi ham muhim ahamiyatga ega bo‘ladi.

I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar

Masalan, jism $s = 5$ 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 tasavvurga ega bo'lamiz.

Stol ustida turgan aravachaga ma'lum bir 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 chapga tomon harakatlanadi (14-rasm). Agar kuch aravachaga tepadan pastga ta'sir etsa, aravacha harakat qilmaydi.

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



14-rasm. Harakat yo'nalishining kuch yo'nalishiga bog'liqligi



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

Odatda, vektor kattaliklar ustiga yo'nalish – strelka qo'yiladi. Masalan, kuch – \vec{F} , tezlik – \vec{v} , ko'chish – \vec{s} ko'rinishda ifodalanadi. Vektor kattalikning faqat miqdorini ko'rsatmoqchi bo'lsak, uning son qiymati quyidagicha ifodalanadi:

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

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

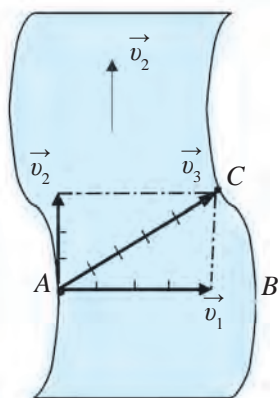
Vektor kattalik chizmada uzunligi son qiymatiga teng yo'nalishli kesma shaklida ko'rsatiladi.

Vektor kattaliklarni qo'shish va ayirish

Anhorning A nuqtasidan B nuqtasi tomon v_1 tezlikda suzib o'tmoqchi bo'lgan suzuvchining harakatini ko'rib chiqaylik (15-rasm). Suzuvchi B nuqta tomon suzmoqda, lekin v_2 tezlikdagi daryo oqimi ta'sirida u narigi qirg'oqning C nuqtasiga borib qoladi. Suzuvchi A dan B ga yetib olish uchun sarflagan t vaqtda daryo suvi B dan C gacha bo'lgan masofani o'tadi. Suzuvchi o'zining \vec{v}_1 tezligiga suvning \vec{v}_2 tezligi qo'shilishi natijasi bo'lgan \vec{v}_3 tezlikda daryoni suzib o'tadi. Vektor ko'rinishda buni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{v}_3.$$

Kinematika asoslari



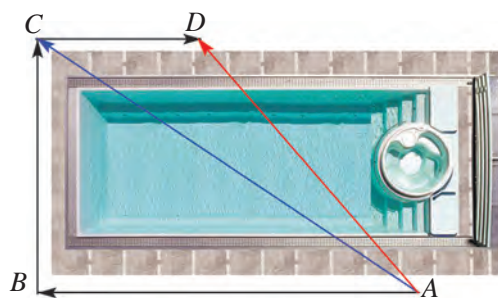
15-rasm. Suzuvchi daryodan o'tishining vektor ifodasi

Vektor kattaliklar ustida amallar oddiy sonlar ustida amallar kabi bajarilmaydi. Masalan, AB kesma 4 m, BC kesma 3 m bo'lsa, bu vektorlar yig'indisi 4 m + 3 m = 7 m emas, balki 5 m ga teng bo'ladi.

16-rasmdagi A nuqtadan suv havzasini aylanib, B va C nuqtalar orqali D nuqtaga borish yo'lini chizmada ifodalab ko'raylik. AB vektorga BC vektor qo'shilganida AC vektor hosil bo'ldi:

$$\vec{AB} + \vec{BC} = \vec{AC}$$

AB va BC vektor bo'yicha yurilganida hosil bo'lgan yig'indi AC vektor A nuqtadan C nuqtaga ko'chishni ko'rsatadi.



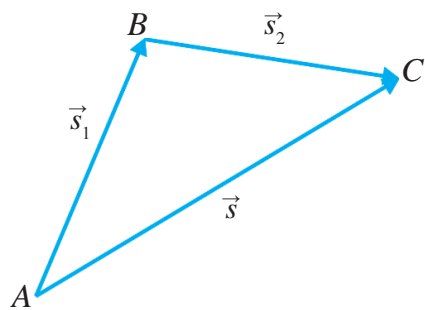
16-rasm. Binoni aylanib o'tish chizmasi

AC vektorga CD vektor qo'shilganida AD vektor hosil bo'ldi:

$$\vec{AC} + \vec{CD} = \vec{AD}$$

A nuqtadan B va C orqali D nuqtaga borish uchun ko'p masofa bosib o'tildi, ko'chish esa faqat A nuqtadan D nuqtagacha bo'ldi:

$$\vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} = \vec{AD}$$



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

B nuqtadan C nuqtaga ko'chishi $\vec{s}_1 + \vec{s}_2$ ko'rinishda bo'ladi. Bu ko'chish A nuqtadan C nuqtaga to'g'ridan to'g'ri ko'chish \vec{s} ga teng:

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

Bu usulda qo'shish uchburchak usulda qo'shish qoidasi deb ataladi. Uni quyidagicha ta'riflash mumkin:



Ikkita 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:

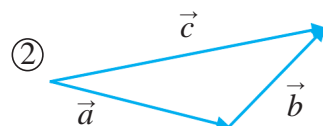
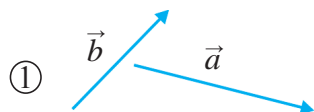
$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c} \quad (2)$$

vektorni topish 18-rasmda tasvirlangan.

Yo'nalishli to'g'ri chiziq fizik kattalikning yo'nalishinigina emas, balki son jihatdan miqdorini ham ifodalaydi. Yo'nalishli chiziqning uzunligi qancha katta bo'lsa, berilgan fizik kattalik shuncha katta qiymatga ega bo'ladi.

Ayirish amali qo'shishga teskari amal bo'lgani uchun 18-rasmda \vec{c} vektordan \vec{a} vektor ayirilsa, \vec{b} hosil bo'ladi. Bunda:

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



18-rasm. \vec{a} va \vec{b} vektorlar (1), ularning yig'indisi \vec{c} vektor (2)



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.

Demak, vektorlarni qo'shish va ayirishda yo'nalishli chiziqning uzunligi va yo'nalishini o'zgartirmagan holda vektorlarning boshi va oxirini qanday joylashtirilishiga ahamiyat berish kerak ekan.

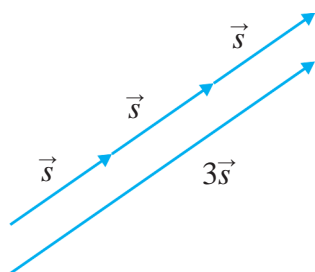
Yo'nalishi va son qiymati bir-xil bo'lgan vektorlar *teng vektorlar* deyiladi.

Vektor kattaliklarni songa ko'paytirish va bo'lish

Jism biror yo'nalishda to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanib, s yo'lni bosib o'tsa, bu masofaga teng ko'chish kattaligi 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 orttirilsa, $3\vec{s}$ vektor hosil bo'ladi. Natijada vektor yo'nalishi o'zgarmaydi.

Kinematika asoslari



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



Vektor kattalik musbat songa ko‘paytirilsa, uning kattaligi shu son marta ortadi, yo‘nalishi esa o‘zgarmaydi.

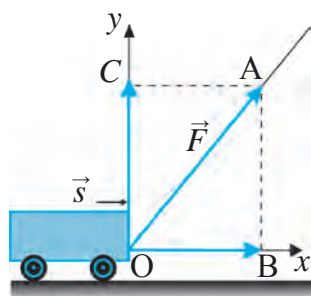
Bunda vektor kattalik ko‘paytiriladigan son musbat bo‘lishi kerak.

Shu singari vektor kattalikni musbat songa bo‘lish ham mumkin. Agar manfiy songa ko‘paytirilsa yoki bo‘linsa, yo‘nalish teskarisiga o‘zgaradi.



Vektor kattalik musbat songa bo‘linsa, uning kattaligi shu son marta kamayadi, yo‘nalishi esa o‘zgarmaydi.

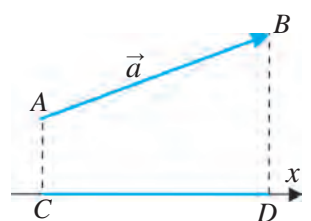
Vektor kattaliklarning proyeksiyasi



20-rasm. Aravachaga ta‘sir etayotgan kuchning proyeksiyasi

Aravacha harakat yo‘nalishiga nisbatan biror burchak ostida \vec{F} kuch bilan tortilayotgan bo‘lsin (20-rasm). Bu kuch aravachani ham vertikal, ham gorizontaal yo‘nalishda tortadi. Aravachaga harakat yo‘nalishida ta‘sir etayotgan kuchning qiymati qanday bo‘ladi?

Aravachaning harakat yo‘nalishi bo‘ylab Ox o‘qini o‘tkazamiz. Bunda O nuqtani \vec{F} vektorning boshiga to‘g‘ri keltirishimiz kerak. \vec{F} vektor oxiri A nuqtaga Ox o‘qdan perpendikulyar o‘tkazamiz. Hosil bo‘lgan \vec{OB} vektor \vec{F} vektorning Ox o‘qidagi tashkil etuvchisi, ya‘ni proyeksiyasini ifodalaydi. Harakat yo‘nalishida aravachaga ta‘sir etayotgan kuch shu \vec{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 3 N ga teng bo‘lishi mumkin. Aravachaga harakat yo‘nalishida ta‘sir etayotgan kuch ana shu 3 N ga teng bo‘ladi.



21-rasm. Ixtiyoriy yo‘nalishdagi vektorning proyeksiyasi

Endi \vec{F} kuch aravachani yuqoriga qanday kuch bilan tortayotganligini bilish uchun A nuqtadan Oy o‘qining C nuqtasiga perpendikulyar o‘tkazamiz. Hosil bo‘lgan \vec{OC} vektor uzunligi vertikal ta‘sir etuvchi kuchga teng. Uning qiymati 4 N bo‘lishi mumkin.

I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar

Ixtiyoriy yo'nalishdagi \vec{a} vektorning Ox o'qidagi proyeksiyasini aniqlaylik (21-rasm). Buning uchun vektorning boshi A va oxiri B nuqtalaridan Ox o'qining C va D nuqtalariga ikkita perpendikulyar o'tkaziladi. Hosil bo'lgan CD kesma \vec{a} vektorning Ox o'qidagi proyeksiyasi bo'ladi.



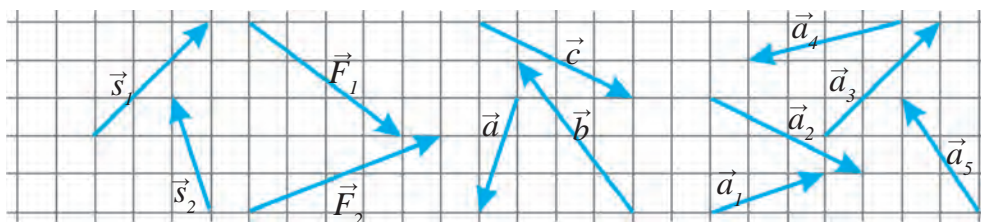
Tayanch tushunchalar: skalyar kattalik, vektor kattalik, vektorlar yig'indisi, vektorlar ayirmasi, vektorni songa ko'paytirish, vektorni songa bo'lish, vektorning proyeksiyasi (tashkil etuvchisi).



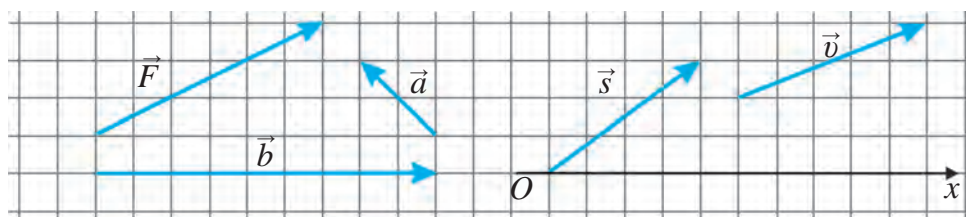
1. Uyingizdan maktabgacha yurgan yo'lingizni vektor ko'rinishida ifodalab, bu vektorlar yig'indisini toping.



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



22-rasm. Yig'indisi va ayirmasi aniqlanadigan vektorlar



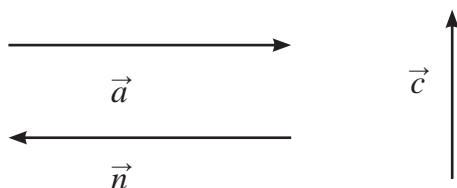
23-rasm. Songa ko'paytiriladigan va bo'linadigan, proyeksiyasi aniqlanadigan vektorlar

I BOBGA OID QO‘SHIMCHA SAVOL VA MASHQLAR

1. Tekis harakatlanib ketayotgan kemaning old tumshug‘ida turgan kamonchi kemaning orqa tumshug‘iga o‘rnatilgan nishonga, kema orqa tumshug‘idagi xuddi shunday kamonchi esa kema old tumshug‘idagi nishonga o‘q otsa, qaysi birining o‘qi nishonga avval yetib boradi?
2. Poyezd kupesida o‘tirib ketayotgan yo‘lovchi: «Men tinch turibman, tashqaridagi rels va daraxtlar menga nisbatan harakat qilishmoqda», desa, poyezdning mashinisti: «Men parovozda yoqilg‘i sarflab, poyezdni harakatlantirmoqdaman. Tashqaridagi rels va daraxtlar tinch turibdi», deydi. Sizningcha, kimning gapi to‘g‘ri?
3. Agar poyezd ekvatorda g‘arbdan sharqqa tomon ma‘lum bir tezlikda harakatlanayotgan bo‘lsa, u Yerning sharqdan g‘arpga tomon soatiga ikki ming kilometr tezlikda o‘z o‘qi atrofida aylanayotgan harakatini biroz bo‘lsa ham kamaytirayotgandir? Siz nima deb o‘ylaysiz?
4. Tinch turgan vagon ichida turib vertikal sakrasak, sakragan joyimizga qaytib tushamiz. Agar to‘g‘ri chizikli tekis harakat qilayotgan vagon ichida vertikal sakrasak, qayerga tushamiz? Sakragan joyimizgami yoki harakat yo‘nalishiga qarama-qarshi tomongami? Biror yukni harakat yo‘nalishida otish uchun vagon tinch turganiga qaraganda ko‘proq kuch kerak bo‘ladi. Harakat yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalishda otish uchun-chi?
5. Faraz qiling, o‘rtog‘ingiz bilan kemaning xonalaridan biriga joylashib oldingiz. Tashqari sizga ko‘rinmaydi. Uxlashga yotganingizda kema to‘xtab turgan edi. Uxlab turganingizda u to‘xtab turgani yoki to‘g‘ri chizikli tekis harakat qilayotganini bilish uchun nima qilaysiz?
6. Trubaning ostki qismini bukib, bukilgan tomon uchini tez oqayotgan suv yo‘nalishiga qarshi qilib o‘rnatsak, trubaning suv sathidan yuqoriroqdagi uchidan suv oqayotganligini kuzatishimiz mumkin. Quyidagi muammoni hal etib ko‘ring. Poyezdga stansiyada suv olinishi kerak, lekin to‘xtashga vaqt yo‘q. Yuqoridagi usuldan foydalanib, to‘xtamasdan poyezdga suv g‘amlab olish mumkinmi?

I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar

7. 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.
8. Faraz qiling, ko'lga qalin tuman tushgan va uning qirg'oqlari ko'rinmaydi. Ko'ldagi qayiqning harakat yo'nalishini ko'rsatish mumkinmi?
9. Qayiq daryoni oqimga perpendikulyar ravishda kesib o'tmoqda. Daryoda suv sohilga nisbatan daryo oqimi tezligida harakatlanadi. Qayiqning harakatini ikkita odam kuzatib turibdi. Ulardan biri sohilda qimirlamay turibdi, ikkinchisi esa oqim bo'ylab suzib ketayotgan solning ustida turibdi. Ikkala kuzatuvchi qayiqning ko'chishi va unga ketgan vaqtni o'lchaydi. Ularning olgan natijalari bir-biridan qanday farq qiladi? Qaysi ko'rsatkichlari bir xil bo'ladi?
10. Quyidagi qaysi hollarda Yerni moddiy nuqta deb qarash mumkin? To'g'ri javoblarni belgilang:
- Ekvator uzunligini hisoblashda;
 - Yerning Quyosh atrofidagi orbita bo'ylab o'tgan yo'lini hisoblashda;
 - Yerning o'z o'qi atrofida sutkalik aylanishida ekvator nuqtasining harakat tezligini hisoblashda;
 - Yerdan Saturn sayyorasigacha bo'lgan masofani hisoblashda.
11. Nuqtalar o'rniga mos bo'lgan iboralarni qo'yib, ta'rifni to'ldiring: Vektor kattaliklar – bu ...
- faqat son qiymati bilan aniqlanadigan kattaliklar;
 - faqat yo'nalishlari bilan aniqlanadigan kattaliklar;
 - son qiymatlari hisobga olinmasa ham bo'ladigan kattaliklar;
 - son qiymatlari va yo'nalishlari bilan aniqlanadigan kattaliklar.
12. Quyida uchta vektor tasvirlangan. \vec{a} vektor \vec{n} vektorga tengmi? \vec{c} vektor \vec{a} vektordan katta desa bo'ladimi?





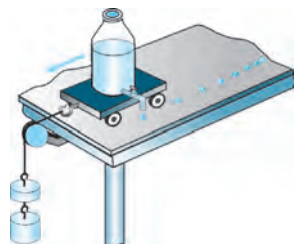
II bob. TO‘G‘RI CHIZIQLI HARAKAT

Tevarak-atrofmizdagi jismlar harakati turli-tuman murakkab ko‘rinishga ega bo‘lib, ularni o‘rganish va chizmalarda ifodalash uchun mexanik harakatning sodda ko‘rinishlarini tahlil etishdan boshlaymiz. Eng oddiy mexanik harakat – bu to‘g‘ri chiziqli tekis harakatdir.

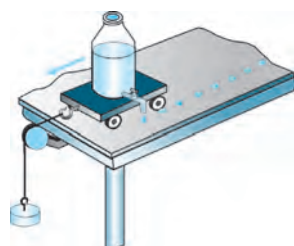
Bu bobda avval jismlarning to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini o‘rganamiz, notekis harakat haqida qisqacha ma‘lumot olamiz. So‘ngra to‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakatni o‘rganishga kirishamiz.

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

Tekis harakat



24-rasm. Aravachaning notekis harakati



25-rasm. Aravachaning tekis harakati

Jismning mexanik harakatini tahlil qilish uchun quyidagi tajribani o‘tkazaylik. Aravachaga 24-rasmga ko‘rsatilganidek tomizg‘ich o‘rnatilgan bo‘lsin. Bir xil vaqt oralig‘ida bittadan tomchi tushib tursa, u qaysi vaqtda arava qayerda bo‘lganligini belgilab ketadi. Aravachani qo‘yib yuborsak, u osilgan yuk ta‘sirida 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.

Endi yuqoridagi tajribani biroz o‘zgartiraylik. Bu gal osilgan yukni kamaytirib shunga erishaylikki, tomgan tomchilar orasidagi masofa bir xil bo‘lsin (25-rasm). Bu holga aravacha bir xil vaqt oraliqlarida bir xil yo‘lni bosib o‘tgan, deyish mumkin. Aravaning bunday harakati tekis harakatga misol bo‘la oladi.



Agar jism ixtiyoriy teng vaqtlar oralig'ida bir xil yo'lni bosib o'tsa, uning bunday harakati *tekis harakat* deb ataladi.

Harakat tezligi o'zgarmas bo'lgan jismning harakati tekis harakatdir. Agar avtomobil to'g'ri yo'l bo'ylab 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. Lekin ularning harakat trayektoriyasi aylananadan iborat. Yuqorida keltirilgan misollardagi jismlarning harakatini uch turga ajratish mumkin:

- 1) tezligi bir xil va trayektoriyasi to'g'ri chiziqli;
- 2) tezligi bir xil, lekin trayektoriyasi egri chiziqli;
- 3) trayektoriyasi to'g'ri chiziqli, lekin tezligi har xil.

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.

To'g'ri chiziqli harakat



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

24 va 25-rasmlardagi aravachaning tezligi bir xil yoki har xil bo'lishidan qat'i nazar, ularning harakat trayektoriyasi to'g'ri chiziqlidir. To'g'ri yo'ldan ketayotgan avtomobilning, temiryo'lning to'g'ri qismida yurgan poyezdning, ma'lum balandlikka ko'tarilib olganidan keyingi samolyotning ma'lum bir masofadagi harakatini to'g'ri chiziqli harakat deb olish mumkin.

To'g'ri chiziqli tekis harakat

24-rasmdagi aravacha to'g'ri chiziqli, lekin harakat davomida turlicha tezlikda, ya'ni notekis harakat qilganida, uning harakatini to'g'ri chiziqli tekis harakat deb bo'lmaydi. Soat millari bir xil tezlikda, ya'ni tekis harakat qiladi, lekin trayektoriyasi to'g'ri chiziqli emas. Shuning uchun soat millari uchining harakati ham to'g'ri chiziqli tekis harakatga misol bo'la olmaydi. Aravachaning 25-rasmdagi harakatida aravacha 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 jism ixtiyoriy teng vaqtlar oralig‘ida bir xil masofalarni bosib o‘tsa, uning bunday harakati to‘g‘ri chiziqli tekis harakat deyiladi.

Bunga yo‘lning ko‘tarilish, pasayish va burilishlar bo‘lmagan qismida avtomobilning tezlikni o‘zgartirmay harakatlanishi misol bo‘ladi. Shuningdek, poyezd tezlik olib, ma‘lum masofa o‘tganidan so‘ng to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qila boshlaydi. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat eng oddiy mexanik harakatdir. Shuning uchun mexanik harakatni o‘rganishni tezlik, masofa va vaqt orasidagi eng sodda bog‘lanishga ega bo‘lgan jismlarning to‘g‘ri chiziqli tekis harakatidan boshlaymiz. So‘ngra notekis va egri chiziqli harakat tezliklarini tahlil qilishga o‘tamiz.



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. To‘g‘ri chiziqli bo‘lmagan tekis harakatga misol keltiring.
3. To‘g‘ri chiziqli, lekin tekis bo‘lmagan harakatga misol keltiring.
4. To‘g‘ri chiziqli tekis harakatni ta‘riflab bering.
5. Siz maktabga ketayotganingizda yo‘lning qaysi qismida to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilasiz?

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

Tezlikni aniqlash

Agar bir xil vaqt oralig‘ida bosib o‘tilgan yo‘l turlicha bo‘sa, bir xil masofani o‘tishi uchun turlicha vaqt sarflanadi. Masalan, bir xil masofani bosib o‘tish uchun avtomobil velosipedchidan kam vaqt sarflaydi. Piyoda bir minutda 100 m masofani bosib o‘tsa, Yerning sun‘iy yo‘ldoshi bu vaqtda 500 km, yorug‘lik nuri esa 18 mln kilometrni o‘tadi. Kuzatishlarimizdan bir jism ikkinchi jismdan tez yoki sekin harakatlanishini bilamiz. Masalan, velosiped odamdan tez, avtomobil odam va velosipeddan tez, tez yurar poyezddan esa sekin harakat qiladi. Samolyotning harakati esa poyezdnikidan ham tezdir (26-rasm).



26-rasm. Jismlarning turli tezlikdagi harakatlari

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

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



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

Jismning tekis harakatdagi tezligi yo'ning istalgan qismida bir xil son qiymatga ega bo'ladi. Har qanday son 1 ga bo'linsa, natija shu songa teng ekanligi ma'lum. Agar (1) formulada $t = 1$ s bo'lsa,

$$|v| = \left| \frac{s}{1} \right| = |s|$$

bo'lib qoladi. Demak, tekis harakatda birlik vaqtda bosib o'tilgan yo'l son jihatdan tezlikka teng ekan. Tezlikka quyidagicha ta'rif berish mumkin:



Jismni vaqt birligida bosib o'tilgan yo'lga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka tezlik deb ataladi.

Yuqorida keltirilgan misollarda vaqt birligi sifatida 1 soat olingan. Agar odam 1 soatda 18 km, velosiped 36 km, avtomobil 90 km, poyezd 144 km, samolyot esa 900 km masofani bosib o'tsa, ularning 1 sekundda qancha masofani bosib o'tishini, ya'ni vaqt sekundlarda ifodalangan tezliklarini

Kinematika asoslari

hisoblab ko'raylik: odam tezligi $v_o = 5$ m/s, velosipedniki $v_v = 10$ m/s, avtomobilniki $v_a = 25$ m/s, poyezdniki $v_p = 40$ m/s, samolyotniki esa $v_s = 250$ m/s.

Fan va texnikaning rivojlanishi bilan vaqt, masofa va tezlik kabi fizik kattaliklarning aniq o'lchanishiga bo'lgan talab oshib bormoqda. Biz uchun arzimas ko'ringan bir sekundda velosiped bor yo'g'i 10 m masofani bosib o'tsa, Yer Quyosh atrofida aylanishida 29 km, yorug'lik nuri esa bo'shliqda 300 000 km yo'lni o'tadi. Agar Yer sun'iy yo'ldoshlari bilan aloqadagi ma'lumotda 1 sekund xatolikka yo'l qo'yilsa, Yerdan harakatlanayotgan avtomobillarga yo'lda harakatlanish haqida ko'rsatma berayotgan «navigator»ning ma'lumotlarida 10 km gacha xatolik kuzatilishi mumkin.

Tezlik birligi

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



XBSda tezlikning birligi sifatida m/s qabul qilingan.

Agar tezligi 6 m/s bo'lsa, jism 1 s vaqtda 6 m masofani bosib o'tadi. Tezlikning asosiy birligi – m/s dan tashqari hisoblashda qulay bo'lishi uchun hosilaviy birliklar: km/soat, km/min, km/s, sm/s kabi birliklari ham qo'llaniladi. Bunda: $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/soat}$, $1 \text{ m/s} = 0,06 \text{ km/min}$, $1 \text{ km/s} = 1000 \text{ m/s}$, $1 \text{ m/s} = 100 \text{ sm/s}$ ni tashkil etadi.

Masalalar yechishda va kundalik hayotda tezlikning km/soat da berilgan qiymatini m/s da yoki m/s da berilgan qiymatini km/soat da ifodalash kerak bo'ladi. 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 $\frac{5}{18}$ 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:

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

II bob. To'g'ri chiziqli harakat

Tezlikning tabiiy o'lchov birligi – yorug'likning bo'shliq (kosmik fazo)dagi tezligi 300 000 km/s ga tengligi ma'lum. Astronomiyada uzunlikning eng katta qiymati sifatida yorug'likning bir yilda bosib o'tadigan masofasidan ($9,5 \cdot 10^{12}$ km) foydalaniladi. Hozir bunday katta masofalar ham fazo o'lchamlarini ifodalashda kichiklik qilgani uchun, parsek ($31 \cdot 10^{12}$ km), undan 1000 marta katta bo'lgan kiloparsek va 1 000 000 marta katta megaparseklardan foydalanilmoqda.

Tezlikni o'lchash

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



Siz avtomobillarga o'rnatilgan spidometrni ko'rgansiz (27-rasm). Uning ishlash tamoyili avtomobil g'ildiragining vaqt birligi ichida aylanishlari sonini o'lchashga asoslangan. Masalan, shinning 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 asboblarda 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'lida ketayotgan avtomobillarning tezligini aniqlaydilar.



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



1. Quyoning tezligi 54 km/soat, delfinning tezligi esa 20 m/s. Ulardan qaysi birining tezligi katta?
2. Oqimning tezligi 0,5 m/s bo'lgan daryoda oqayotgan sol 15 km yo'lni qancha vaqtda o'tadi?



1. Tezliklarni km/soat da ifodalang: 2 m/s, 5 m/s, 20 m/s, 50 m/s.
2. Metro eskalatorining uzunligi 18 m. U odamni 12 sekundda yuqoriga olib chiqadi. Eskalatorida turgan odamning tezligini toping.

Kinematika asoslari

3. Velosiped tekis harakat qilib, 15 minutda 4,5 km masofani bosib o'tdi. Uning tezligini m/s hisobida toping.
4. Tekis harakat qilayotgan avtomobil 30 minutda 40 km masofani bosib o'tdi. Avtomobil 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'lni topish mumkin:

$$s = v \cdot t.$$



Tekis harakatda bosib o'tilgan yo'lni topish uchun jism tezligini shu yo'lni bo'sib o'tish 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:

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



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'l-ni $t = \frac{s}{v} = \frac{60 \text{ m}}{12 \text{ m/s}} = 5$ s da bosib o'tadi.

Tezlik grafigi

Tekis harakatda t vaqt orta borishi bilan jism tezligi o'zgarmay qolaveradi. Masalan, to'g'ri chizikli tekis harakat qilayotgan jismning boshlang'ich tezligi 10 m/s bo'lsa, 10 s, 20 s, 30 s, 40 s, 50 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 vaqt o'qiga parallel bo'lgan o'zgarmas to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi. Harakatlanish vaqti t ga to'g'ri keluvchi grafik

II bob. To'g'ri chiziqli harakat

ostidagi shakl to'g'ri turtburchak bo'lib, bu turtburchakning yuzi son jihatdan jism o'tgan yo'l s ga teng bo'ladi (28-b rasm).

Yo'l grafigi

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

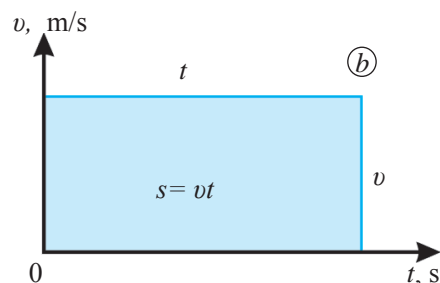
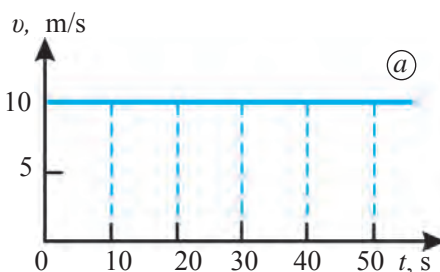
t, s	5	10	15	20
$s = vt, m$	25	50	75	100

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). Tezliklari $v_1 = 2,5$ m/s va $v_2 = 5$ m/s bo'lgan tekis harakatlanaётgan ikkita jismning yo'l grafiklari 29-b rasmda keltirilgan. Grafikdan ko'rinadiki, tezligi katta bo'lgan jism grafigining vaqt o'qiga nisbatan og'ish burchagi kattaroq bo'ladi, ya'ni tikroq joylashadi. Agar yo'l grafigi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, jism o'zgarmas tezlik bilan harakat qilgan bo'ladi, ya'ni tekis harakat yo'l grafigi to'g'ri chiziqdir.

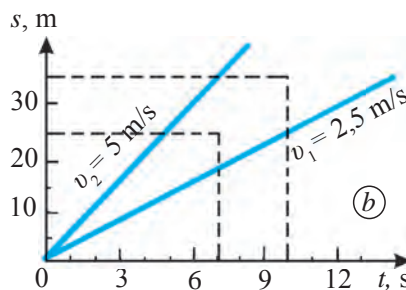
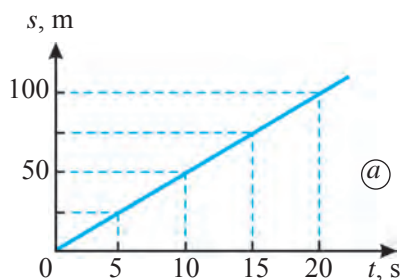
Masala yechish namunasi

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 tezlik o'qida 60 km/soat nuqtadan chiquvchi va vaqt o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat. Grafikni 0,25 soat bilan chegaralangan qismi hamda vaqt o'qi bilan hosil qilingan to'g'ri turtburchakning yuzi (30-a rasm) 60 km/soat · 0,25 soat = 15 km ga teng. $s = vt$ formulaga $v = 60$ km/soat qiymatini qo'yib, jadval tuzamiz:

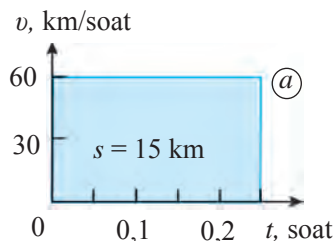


28-rasm. Tezlik grafigi



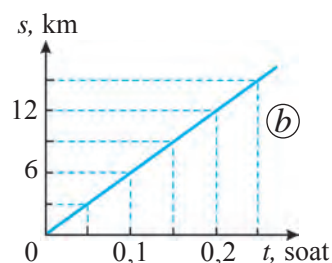
29-rasm. Yo'l grafigi

Kinematika asoslari



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.



30-rasm. Avtomobil harakatining tezlik (a) va yo‘l (b) grafiklari



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



1. Uyingizdan maktabga borishdagi holat uchun taxminiy tezlik va yo‘l grafiklarini chizing.
2. Yo‘l grafigida vaqt o‘qiga nisbatan turli burchakdagi ikkita to‘g‘ri chiziq o‘tkazib, hosil bo‘lgan grafikni tahlil qiling.



1. 3 m/s tezlik bilan tekis harakat qilayotgan jism 20 sekunda qancha masofani bosib o‘tadi?
2. 126 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‘tarilganidan 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 *constantus* – o‘zgarmas, doimiy ma’nolarini anglatadi.

Tevarak-atrofmizdagi jismlar, asosan, notekis harakat qiladi. Masalan, bir manzildan chiqqan avtomobil yarim soat mobaynida 35 km masofani o'tgan bo'lsin. Avtomobil yo'lda turli tezlikda yurib, yo'lning ayrim qismlaridagina bir xil tezlikda harakat qiladi (31-rasm). Avtomobilning harakati butun yo'lga nisbatan notekisdir.



Harakat davomida jism tezligining son qiymati o'zgaruvchan bo'lsa, bunday harakatga 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.

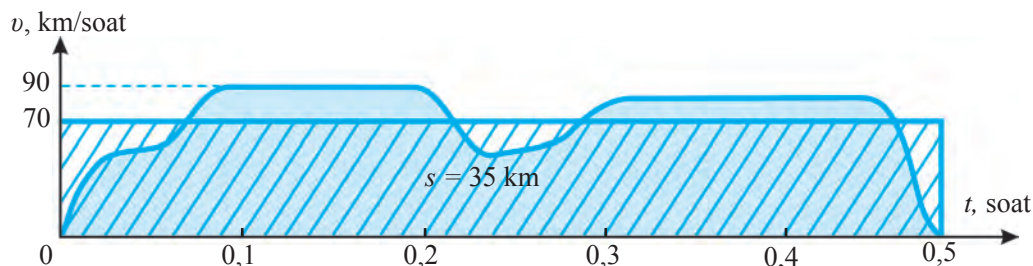
Ya'ni:

$$v_{o'rt} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (2)$$

O'rtacha tezlikning grafigi o'zgarmas tezlik grafigi kabi gorizontaal yo'nalishdagi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi. (2) formuladan notekis harakatda bosib o'tilgan yo'l quyidagicha ifodalanadi:

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

31-rasmda tasvirlangan to'g'ri to'rtburchakning yuzi son jihatdan avtomobilning o'rtacha tezligi $v_{o'rt} = 70 \text{ km/soat}$ bilan harakat vaqti $t = 0,5 \text{ soat}$ ko'paytmasiga teng. Bunda o'rtacha tezlik grafigi hosil qilgan shtrixlangan shaklning yuzi notekis harakat tezligi grafigi hosil qilgan havorang shaklning yuziga teng bo'ladi.



31-rasm. Avtomobilning notekis harakatidagi tezlik grafigi

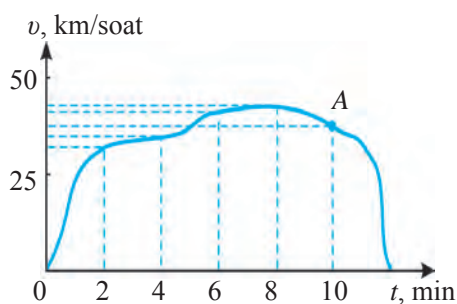
Oniy tezlik

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 qiziqtirishi mumkin.



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. U bekatlar orasidagi yo‘lni 6 minutda bosib o‘tsin. Avtobusning harakat tezligi grafigi 32-rasmda tasvirlangan grafik kabi bo‘lsin. Kuzatish uchun turli vaqtlarni tanlab olib, shu vaqtlarga mos kelgan tezlik qiymatlarini, ya’ni shu ondagi oniy tezlikni topish mumkin. Grafikdan 2 minut o‘tgandagi oniy tezligi taqriban 32 km/soat, 4 minut o‘tgandagi oniy tezligi 40 km/soat, 10 minut o‘tgandagi oniy tezligi esa 46 km/soat ga teng bo‘lganligini bilib olamiz. Harakatning ma’lum bir nuqtasidagi oniy tezligini taqriban



32-rasm. Avtobusning tezlik grafigi

aniqlash uchun shu nuqtada kichik Δt vaqt ichida jismning bosib o‘tgan Δs yo‘li topiladi. Bunda Δ (delta) – kichik oraliqni bildiruvchi belgi.

32-rasmdagi tezlik grafigi bo‘yicha A nuqta atrofida avtobus $\Delta t = 0,3$ s vaqt ichida $\Delta s = 3$ m yo‘l bosgan bo‘lsin. U holda avtobusning A nuqtadagi oniy tezligining taqribiy qiymati:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{3 \text{ m}}{0,3 \text{ s}} = 10 \cdot 3,6 \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 36 \frac{\text{km}}{\text{soat}} .$$



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



1. Chang‘ichi tepalikdan tushgach, to‘la to‘xtagunga qadar harakatda bo‘ladi. Uning boshlang‘ich va harakat oxiridagi tezligi nolga teng bo‘lsa, butun yo‘l davomidagi o‘rtacha tezligi nolga tengmi?
2. 31-rasmda tasvirlangan tezlik grafigini tahlil qiling.

M
4

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 «Spark» avtomobili 270 km yo'l bosib, soat 10 : 30 da Farg'onaga yetib keldi. Uning o'rtacha tezligini toping.
3. O'quvchi yo'lining ma'lum bir qismida 2 s davomida 3 m yurdi. Yo'lining shu qismidagi o'quvchining tezligini toping. Bu taqribiy oniy tezlikmi yoki butun yo'l davomidagi 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 – bu tekis o'zgaruvchan harakatdir. Qiya novdagi 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 qiya tekislikning yuqori nuqtasidan qo'yib yuborilganida harakat trayektoriyasidagi tomchilar orasidagi masofa ortib borganligini kuzatish mumkin (33-rasm). Bunda:

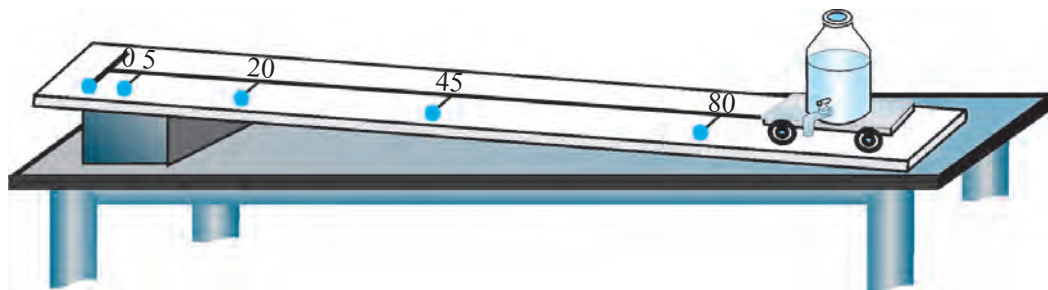
1 va 2-tomchilar orasi: $5 \text{ sm} - 0 \text{ sm} = 5 \text{ sm}$;

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



33-rasm. Qiya tekislikdagi aravachaning tekis o'zgaruvchan harakati



Ixtiyoriy teng vaqtlar oraligida tezligining son qiymati bir xil kattalikka o'zgarib boradigan jismning harakatiga 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 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, tezligining son qiymati tekis ortib boruvchi yoki tekis kamayib boruvchi harakat ko'zda tutiladi.

Tezlanish va uning birligi

Tekis o'zgaruvchan harakatni tavsiflash uchun **tezlanish** deb ataluvchi kattalik kiritilgan. v_0 – boshlang'ich tezlik bilan tekis o'zgaruvchan harakatni boshlagan jismning t vaqtdagi tezligi v ga teng bo'lsa, tezlanish formulasi:

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



Tezlik o'zgarishining shu tezlik o'zgarishi sodir bo'lgan vaqt oralig'iga nisbati bilan aniqlanadigan kattalik tezlanish bo'lib, a harfi bilan belgilanadi.

Tezlanishni quyidagicha ta'riflash ham mumkin:



Vaqt birligida jism tezligining o'zgarishiga son jihatdan teng keladigan kattalik tezlanish deb ataladi

Tezlanish formulasidan foydalanib, uning birligini topish mumkin. Tezlanishning asosiy birligi sifatida 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. Keyingi vaqt oldingi vaqtdan har doim katta bo'lgani uchun (1) formula maxraji har doim musbat bo'ladi. Kuzatilayotgan vaqtdagi tezlik boshlang'ich tezlikdan kichik bo'lsa, bu formula suratidagi $v - v_0$ ayirma manfiy bo'ladi. Masalan, jismning boshlang'ich tezligi $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $\Delta t = 10 \text{ s}$ vaqt o'tgandagi tezligi esa $v = 5 \text{ m/s}$ bo'lsa, tezlanish quyidagicha topiladi:

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{5 - 20}{10} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Demak, 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 bo'ladi:

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

To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda tezlanish yo'nalishi jismning harakat yo'nalishi bo'yicha, tekis sekinlanuvchan harakatda esa harakat yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Tezlanish tezlikning vaqt birligida o'zgarishi bo'lgani uchun, tezlikning o'zgarishi qachon kuzatiladi, degan savol tug'iladi. Turli vaqtlardagi tezlik qiymatlarining bir-biridan farqli bo'lishi natijasida tezlanish hosil bo'ladi. O'zgarish bo'lishi uchun kattalikning turli vaqtdagi qiymatlarining ayirmasi noldan farqli bo'lishi kerak. Tezlik vektor kattalik bo'lgani uchun vaqt o'tishi bilan tezlikning o'zgarishi ikki holatda kuzatiladi:

1) to'g'ri chiziqli harakatda tezlikning absolyut qiymati, ya'ni moduli o'zgarganida: $|v_2 - v_1| \neq 0$;

2) miqdor jihatdan bir xil bo'lsa ham harakat yo'nalishi o'zgarganida: $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 \neq 0$. Demak, tezlikning moduligina emas, harakat yo'nalishi o'zgarganida ham tezlanish kuzatilar ekan.

To'g'ri chiziqli harakatda tezlik va tezlanishning vektor qiymatlari o'rniga skalyar qiymatlarini olish mumkin. Chunki to'g'ri chiziqli harakatning turli vaqtdagi yo'nalishlari o'zgarmaydi. O'zgaruvchan harakat haqida ma'lumot beruvchi asosiy kattaliklardan biri tezlanish ekanligi ma'lum bo'ldi. Keyingi boblarda uning paydo bo'lish sabablariga to'xtalamiz.

Kinematika asoslari

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:	Formula:	Yechilishi:
$\Delta t = 5 \text{ s};$ $v_0 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s};$ $v = 90 \text{ km/soat} = 25 \text{ m/s}.$	$a = \frac{v - v_0}{t}.$	$a = \frac{25 - 10}{5} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$
Topish kerak: $a = ?$		Javob: $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$



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



- 40 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobil tekis tezlanuvchan harakat qilishni boshladi. 100 m masofada 60 km/soat tezlikka erishish uchun u qanday tezlanish bilan harakat qilishi kerak?
- Siz yura boshladingiz va ma'lum vaqtdan keyin to'xtadingiz. Bunda qay holda tezlanuvchan, qay holda sekinlanuvchan harakat qilasiz?



- Tinch turgan jism tekis tezlanuvchan harakatlanib, 8 s da 20 m/s tezlikka erishdi. Jism qanday tezlanish bilan harakat qilgan?
- Joyidan qo'zg'algan jism 0,3 m/s² tezlanish bilan harakat qilib, qancha vaqtda 9 m/s tezlikka erishadi?
- 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.
- Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan «Kaptiva» avtomobili 25 s davomida tezligini 45 km/soat dan 90 km/soat ga oshirdi. «Kaptiva»ning tezlanishini toping.
- Samolyot qo'nish paytida g'ildiraklarining yerga tekkandagi tezligi 360 km/soat. Agar uning tezlanishi 2,0 m/s² 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 t vaqt davomida olgan v tezligi quyidagicha topiladi:

$$v = v_0 + a \cdot t. \quad (1)$$

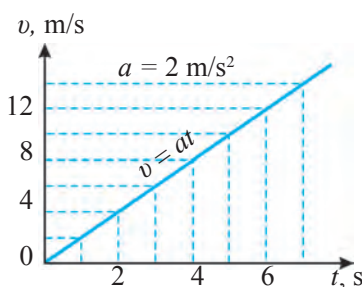
Jism boshlang'ich tezliksiz ($t_1 = 0$ da $v_0 = 0$) tekis tezlanuvchan harakat qilganida tezlik formulasi quyidagicha ifodalanadi ($\Delta t = t$):

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

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

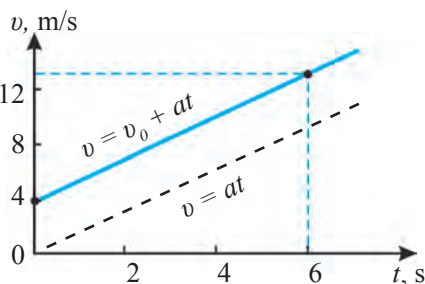
t, s	1	2	3	4	5	6	7
$v, \text{m/s}$	2	4	6	8	10	12	14

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 ($v_0 = 0$)

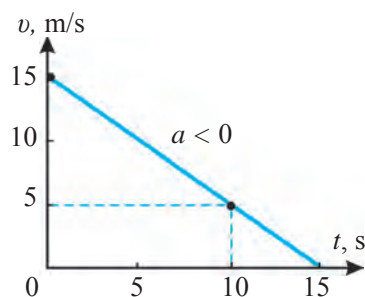
Tekis o'zgaruvchan harakat uchun tezlik grafiklari to'g'ri chiziqdan iborat. To'g'ri chiziq o'tkazish uchun esa vaqtning ikki qiymati va unga mos kelgan tezliklarni grafikda tasvirlash yetarlidir. Ma'lum bir tezlikda ketayotgan jism tekis tezlanuvchan harakat boshlagan holni ko'rib chiqaylik. Masalan, $a = 1,5\text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning boshlang'ich tezligi $v_0 = 4\text{ m/s}$ bo'lsin. U holda (1) formuladan $t = 0$ uchun $v_0 = 4\text{ m/s}$, $t = 6\text{ s}$ qiymat uchun $v = 13\text{ m/s}$ ekanligini hisoblab topamiz. Ularni koordinatalar o'qiga qo'yib, 35-rasmدا tasvirlangan grafikni hosil qilamiz. Bu boshlang'ich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jismning tezlik grafigidir. Demak, jismning boshlang'ich tezligi $v_0 \neq 0$ bo'lsa, uning grafikdagi to'g'ri chizig'i $v_0 = 0$ holdagiga (punktir chiziqqa) nisbatan parallel surilar ekan.



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

Endi tekis sekinlanuvchan harakat, ya'ni $a < 0$ hol uchun tezlik grafigini ko'raylik. Jism $v_0 = 15\text{ m/s}$ boshlang'ich tezlik va $a = -1\text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsin. (1) formuladan $t = 0$ qiymat uchun $v = 15\text{ m/s}$, $t = 10\text{ s}$ uchun esa

Kinematika asoslari



36-rasm. Tekis sekinlanuvchan harakatning tezlik grafigi

$v = 5 \text{ m/s}$ ekanligini hisoblab topish mumkin. Ularni koordinatalar o'qiga qo'ysak, tekis sekinlanuvchan harakat uchun tezlik grafigi hosil bo'ladi (36-rasm).

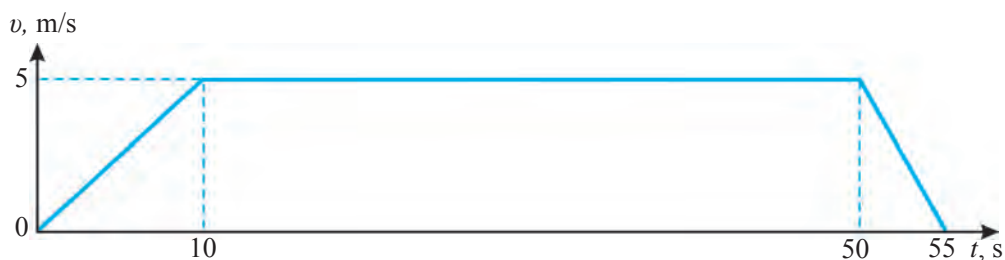
Tekis sekinlanuvchan harakatda jism oxiri borib to'xtaydi. Buni 36-rasmda to'g'ri chiziqning absissa o'qi bilan uchrashishidan ham ko'rish mumkin.

Haqiqatan ham, (1) formulada $t = 15 \text{ s}$ uchun $v = 0$ bo'ladi, ya'ni jism harakatdan to'xtaydi.

Demak, tezlik grafigi absissa o'qiga nisbatan burchak ostida bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa, jism tekis o'zgaruvchan harakat qilganligini bilib olamiz.

Odatda, jismlar ma'lum bir vaqt davomida tezlanish bilan, keyin o'z-garmas tezlik bilan, so'ng esa sekinlanuvchan harakat qiladi va to'xtaydi. Masalan, joyidan qo'zg'algan velosipedchi 10 s davomida tezligini 5 m/s ga yetkazsin.

Shu tezlikda velosipedchi 40 s harakatlansin. So'ngra asta-sekin tormoz berish bilan 5 s davomida tekis sekinlanuvchan harakat qilib to'xtasin. Velosipedchining tezlik grafigi 37-rasmda tasvirlangan.



37-rasm. Velosiped harakatining tezlik grafigi

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 – jismning ixtiyoriy t vaqtdagi tezligi. Masalan, tezlik grafigi 35-rasmda tasvirlangan jismning 6 s vaqt o'tgandagi o'rtacha tezligini quyidagicha hisoblash mumkin:

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

(3) formuladagi v tezlik o'rniga uning $v = v_0 + at$ ifodasi qo'yilsa, o'rtacha tezlikning quyidagi formulasi kelib chiqadi:

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

Masalan, 36-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:

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

(3) va (4) formulalardan boshlang'ich tezliksiz, ya'ni $v_0 = 0$ hol uchun tekis o'zgaruvchan harakatdagi o'rtacha tezlikni hisoblash formulalari quyidagi ko'rinishga keladi:

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

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

Masala yechish namunasi

Boshlang'ich tezligi 18 km/soat bo'lgan «Matiz» avtomobili 1,0 m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib, 10 s dan keyin qanday tezlikka erishadi? «Matiz»ning o'rtacha tezligini toping.

Berilgan:
 $v_0 = 18 \text{ km/soat} = 5 \text{ m/s}$;
 $a = 1 \text{ m/s}^2$;
 $t = 10 \text{ s}$.

Formula:
 $v = v_0 + at$;
 $v_{o'rt} = v_0 + \frac{at}{2}$.

Yechilishi:
 $v = (5 + 1 \cdot 10) \text{ m/s} =$
 $= 15 \text{ m/s} = 54 \text{ km/soat}$;
 $v_{o'rt} = [5 + (1 \cdot 10)/2] \text{ m/s} =$
 $= 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/soat}$.

Topish kerak:

$v = ?$ $v_{o'rt} = ?$

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.



- 100 metr masofaga yugurish musobaqasidagi harakatning tezlik grafigini chizing.
- Tekis tezlanuvchan va tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan jismning tezlik grafigini chizing.



- Joyidan qo'zg'algan jism 0,2 m/s² tezlanish bilan harakat qila boshlasa, u 1 minutda qanday tezlikka erishadi?

Kinematika asoslari

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?
5. Boshlang'ich tezligi 2 m/s bo'lgan jism 3 m/s^2 tezlanish bilan harakat qila boshladi. Bunday harakat uchun tezlik grafigini chizing.
6. Avtomobil yo'lining birinchi yarmini $v_1 = 20 \text{ m/s}$, ikkinchi yarmini $v_2 = 25 \text{ m/s}$ tezlik bilan bosib o'tdi. Uning jami yo'ldagi o'rtacha tezligini toping.

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

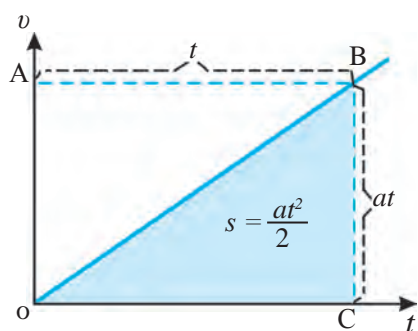
Yo'l formulasi

Tinch holatdagi ($v_0 = 0$) 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:

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

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

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



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

Boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jismning tezlik grafigi qi-yalik bo'yicha yo'nalgan to'g'ri chiziqdan iborat ekanligini bilasiz (38-rasm). Bu rasmda tasvirlangan OBC uchburchak yuzini aniqlaylik. Rasmdagi OABC to'g'ri to'rt-burchakning tomonlari at va t ekanligidan, uning yuzi $at \cdot t = at^2$ ga teng. OBC uchburchakning yuzi esa OABC to'rtburchak yuzining yarmiga 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_0t bo'lgan OACD to'g'ri to'rtburchak va yuzi $at^2/2$ bo'lgan ABC uchburchakdan iborat. Demak, tekis o'zgaruvchan harakatda jismning bosib o'tgan yo'li quyidagicha ifodalanadi:

$$s = v_0t + \frac{at^2}{2}. \quad (3)$$

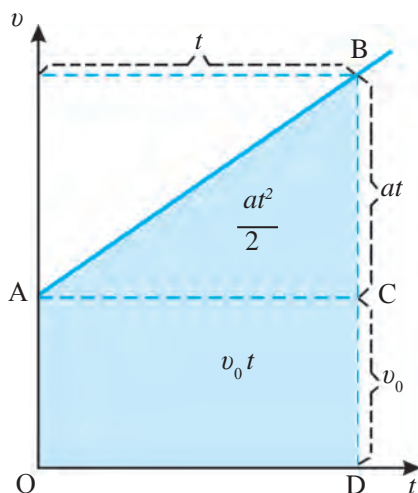
Yo'l grafigi

Yo'l grafigini hosil qilish uchun bosib o'tilgan yo'lining shu yo'lni bosib o'tish uchun sarflangan vaqtga bog'liqligini chizmada ifodalashimiz kerak. Bu chiziq yo'lining vaqtga bog'liqlik grafigi, yoki qisqacha, yo'l grafigi deyiladi. Har qanday tekis harakatlanayotgan jismning yo'l grafigi to'g'ri chiziqdan iborat ekanligini bilamiz. Endi tekis o'zgaruvchan harakatdagi jismning yo'l grafigini yasab ko'raylik.

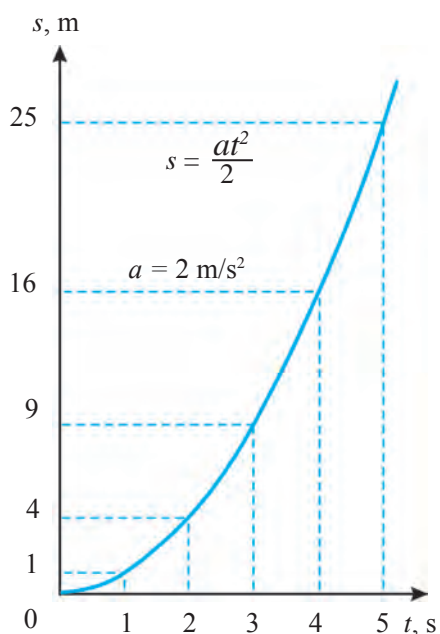
Jism tinch holatdan qo'zg'alib ($v_0 = 0$), $a = 2 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsin. Yo'l grafigini chizish uchun avval $s = at^2/2$ formuladan t vaqtning bir necha qiymatiga mos kelgan s yo'lni hisoblaymiz va natijalarni jadvalga yozib chiqamiz:

$t, \text{ s}$	0	1	2	3	4	5
$s, \text{ m}$	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). Bu grafik egri chiziqdan iborat bo'lib, vaqt ortib borishi bilan bosib o'tilgan yo'l proporsional ravishda ortib boradi.



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

Kinematika asoslari

Bunday ko‘rinishga ega bo‘lgan egri chiziq **parabola** deb ataladi. Biz boshlang‘ich tezligi $v_0 = 0$ bo‘lganida vaqt birligida tezligi bir xil miqdorda oshib boruvchi harakat uchun yo‘l grafigini ko‘rib chiqdik. Boshlang‘ich tezligi nolga teng bo‘lib, tekis o‘zgaruvchan harakat qilayotgan jism harakatining birinchi sekundida ($t = 1$ s) tezlanishning yarmiga teng masofa o‘tishini (2) formuladan hisoblab topishimiz mumkin.

Demak, birinchi sekundda bosib o‘tilgan yo‘lni bilgan holda tezlanishni topish mumkin ekan.

Masala yechish namunasi

10 m/s tezlik bilan to‘g‘ri yo‘lda ketayotgan velosiped $-0,2$ m/s² tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qila boshladi. Velosiped 40 s davomida qancha yo‘lni bosib o‘tadi? Velosiped qancha vaqtdan keyin to‘xtaydi?

Berilgan:

$$v_0 = 10 \text{ m/s};$$

$$a = -0,2 \text{ m/s}^2;$$

$$t = 40 \text{ s};$$

$$v = 0.$$

Topish kerak:

$$s = ? \quad t_0 = ?$$

Formulasi:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

$$v = v_0 + at_0;$$

$$v_0 + at_0 = 0;$$

$$t_0 = -\frac{v_0}{a}.$$

Yechilishi:

$$s = \left(10 \cdot 40 + \frac{-0,2 \cdot 40^2}{2}\right) \text{ m} = 240 \text{ m}.$$

$$t_0 = -\frac{10}{-0,2} \text{ s} = 50 \text{ s}.$$

Javob: $s = 240$ m; $t_0 = 50$ s.



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



1. Tinch holatdan qo‘zg‘alib, ($v_0 = 0$), $a = 3$ m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning yo‘l grafigini chizing.
2. 39-rasmda tasvirlangan grafikdan ($v_0 > 0$ uchun) jismning bosib o‘tgan yo‘li qanday topiladi?



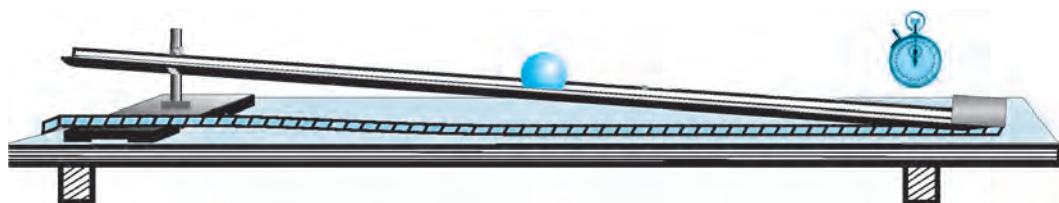
1. Joyidan qo‘zg‘alib, $0,3$ m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jism 10 s da qancha yo‘lni bosib o‘tadi?
2. Boshlang‘ich tezligi 30 km/soat bo‘lgan avtomobil $0,5$ m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilib, 1 minut davomida qancha yo‘lni bosib o‘tadi?
3. Jism joyidan qo‘zg‘alib, 1 m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilmoqda. Jism harakatining yo‘l grafigini chizing.
4. Boshlang‘ich tezligi 36 km/soat bo‘lgan avtomobil 4 m/s² tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilmoqda. Avtomobil harakatining yo‘l grafigini chizing.
5. Jism bir xil vaqt oraliqlarida $v_0 = 0$ m/s, $v_1 = 1$ m/s, $v_2 = 2$ m/s va h. k. tezlikka ega bo‘lsa, uning harakatini tekis o‘zgaruvchan desa bo‘ladimi?

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 tezlanishni aniqlash uchun qurilma

Ishni bajarish tartibi

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

2. Novning yuqori uchidan qo'yib yuborilgan sharcha novning quyi uchidagi silindrga borib urilgunga qadar 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. Natijalarni 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. $a_{o'rt} = (a_1 + a_2 + a_3)/3$ 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. $\Delta a_n = |a_{o'rt} - a_n|$ formuladan absolyut xatolikni toping.

9. $\Delta a_{o'rt} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \Delta a_3)/3$ formuladan o'rtacha absolyut xatolikni hisoblang.

10. $\varepsilon = (\Delta a_{o'rt} / a_{o'rt}) \cdot 100\%$ formuladan nisbiy xatolikni toping.

11. Natijalarni tahlil qiling va xulosa chiqaring.

Kinematika asoslari

I-jadval

T/r	s, m	t_1, s	t_2, s	t_3, s	$a_1, m/s^2$	$a_2, m/s^2$	$a_3, m/s^2$	$a, m/s^2$	$a_{o'rt}, m/s^2$	$\epsilon, \%$
1										
2										
3										



1. Novning qiyaligi oshganda nima sababdan tezlanishning qiymati oshib boradi?

13-§. JISMLARNING ERKIN TUSHISHI

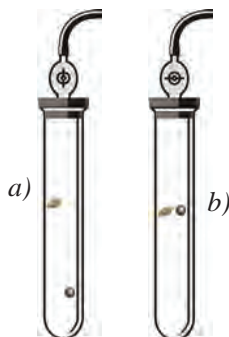
Bir xil balandlikdan tashlangan tosh va qush patining yerga turli vaqtlarda tushishini kuzatgan qadimgi yunon faylasufi Aristotel Yer tortish



42-rasm. Piza minorasi

kuchi ta'sirida og'ir jismlar yengil jismlardan oldin tushadi, degan xulosaga kelgan. Bu noto'g'ri ta'limot qariyb ikki ming yil davomida to'g'ri deb kelindi. Italiyalik olim Galileo Galileyning (1564–1642) XVI asr oxirida o'tkazgan tajribalaridan keyingina Aristotel fikrlari noto'g'ri ekanligi isbotlandi.

Galiley Piza minorasidan (42-rasm) bir vaqtda po'lat va tosh sharlarini tashlab, ular yerga aynan bir vaqtda tushishiga ishonch hosil qildi. Galiley quyidagicha faraz qildi (gipotezani ilgari surdi): agar havoning qarshiligi bo'lmasa, bir vaqtda tashlangan po'lat sharcha va yengil qush pati minoradan bir vaqtda tushadi. Bu gipotezani tekshirish uchun uzun shisha naycha ichiga po'lat sharcha va qush pati joylashtirildi. Havoni bor nayda po'lat sharcha qush patidan oldin tushishi kuzatildi (43-a rasm). Naydan havoni so'rib olinganida esa po'lat sharcha va qush pati bir vaqtda tushdi (43-b rasm). Bu tajriba Galiley farazi to'g'ri ekanligini tasdiqladi.



43-rasm. Siyraklashgan havoda jismlar harakati



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

Jismning erkin tushishi to‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakatga yaqqol misol bo‘ladi. Ma‘lum bir balandlikdan qo‘yib yuborilgan sharcha tekis tezlanuvchan harakat qilib, uning tezligi har sekundda $9,81 \text{ m/s}^2$ ga ortib boradi (44-rasm).



Erkin tushayotgan jismning tezlanishi o‘zgarmas bo‘lib, bu kattalik erkin tushish tezlanishi deb ataladi va g harfi bilan belgilanadi.

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

Aniq o‘lchashlar Yer yuzining turli geografik kengliklarida erkin tushish tezlanishining qiymatlari turlicha ekanligini ko‘rsatdi. Masalan, bu tezlanish qutbda $g = 9,83 \text{ m/s}^2$ bo‘lsa, ekvatorida $g = 9,78 \text{ m/s}^2$ ga teng. Buning asosiy sababi Yerning absolyut shar shaklida emasligidir. 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:

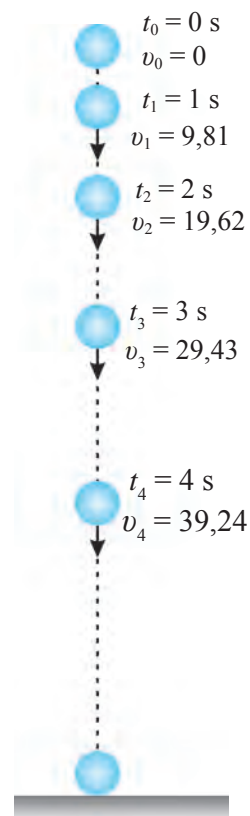
$$v = v_0 + gt; \quad (1) \quad v_0 = 0 \text{ da: } v = gt. \quad (2)$$

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:

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



44-rasm. Erkin tushayotgan jismning harakati

Kinematika asoslari

Masala yechish namunasi

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

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$t = 5 \text{ s}; v_0 = 0;$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$h = \frac{gt^2}{2};$ $v = gt.$	$h = \frac{10 \cdot 5^2}{2} \text{ m} = 125 \text{ m};$ $v = (10 \cdot 5) \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}.$ <i>Javob:</i> $h = 125 \text{ m}; v = 50 \text{ m/s}.$
<i>Topish kerak:</i>		
$h - ? v - ?$		



Tayanch tushunchalar: erkin tushish, erkin tushish tezlanishi.



1. Ikkita bir xil tosh bir xil balandlikdan birin-ketin qo'yib yuborilsa, tushish davomida ular orasidagi masofa o'zgaradimi?
2. Biror balandlikdan boshlang'ich tezliksiz tashlangan jism 5 s da yerga tushdi. U qanday balandlikdan tashlangan?



1. Jism ma'lum balandlikdan qo'yib yuborildi. Erkin tushayotgan jismning 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? Bu vaqt davomida jism qanday masofani bosib o'tadi?
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

Har qanday jism yuqoriga otilganida, u qandaydir balandlikka ko'tarilib, yana qaytib yerga tushadi. Endi bu harakatni tahlil qilib ko'raylik. Bizni jism qanday tezlanish bilan harakat qilishi qiziqtiradi. Jism yuqoriga tik otilganda, u tekis sekinlanuvchan harakat qiladi. Bunda jismning erkin tushish tezlanishi g o'rniga manfiy $-g$ olinadi. U holda $v = v_0 + gt$ formuladan foydalanib, yuqoriga tik otilgan jismning ixtiyoriy t vaqtdagi tezligi quyidagicha topiladi:

$$v = v_0 - gt. \quad (1)$$

II bob. To'g'ri chiziqli harakat

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

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

Tajribaning ko'rsatishicha, ma'lum bir nuqtadan yuqoriga tik otilgan jismning yuqoriga ko'tarilishiga qancha vaqt ketsa, shu nuqtaga qaytib tushishiga ham shuncha vaqt ketadi. Masalan, jism $v_0 = 20$ m/s tezlik bilan yuqoriga tik otildi, deylik (45-rasm).

$g = 10$ m/s² deb olib, quyidagi hisoblashlarni bajaraylik. Jism eng yuqori balandlikka ko'tarilganida, uning tezligi $v = 0$ bo'ladi. U holda (1) formuladan eng yuqori balandlikka ko'tarilgunga qadar ketgan vaqtni hisoblash mumkin:

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

(2) formulada $v_0 = 20$ m/s 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'tarilganida boshlang'ich tezlik $v_0 = 0$ bo'lib, endi u g tezlanish bilan pastga tusha boshlaydi. Pastga tik harakatlanishida jism 2 sekund davomida qancha masofani bosib o'tishini hisoblaylik:

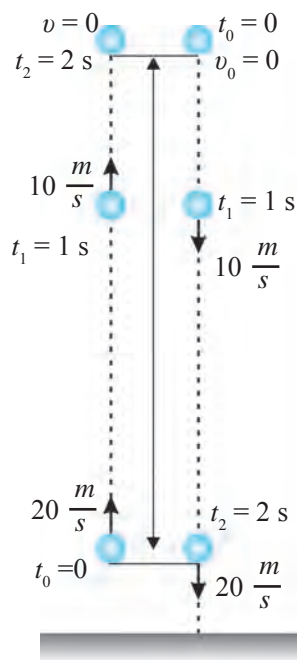
$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{2} \text{ m} = 20 \text{ m}.$$

Demak, jism 2 sekundda qancha balandlikka ko'tarilsa, yana 2 sekundda ana shuncha masofani o'tib, 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.



45-rasm. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati

Kinematika asoslari



Yuqoriga tik otilgan jism qancha vaqt yuqoriga ko'tarilsa, shuncha vaqtda pastga qaytib tushadi. Jism qanday tezlik bilan yuqoriga tik otilgan bo'lsa, u qaytib tushayotib, otilgan nuqtaga yetganida xuddi shunday tezlikka erishadi.

Agar (2) formulada tezlanishni nolga teng deb olsak, bu formula tekis harakat formulasiga aylanadi. Yuqoriga tik otilgan jism harakatini tahlil qilish va masalalar yechish uchun, asosan, boshlang'ich tezlik haqidagi ma'lumot kerak bo'ladi.

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



1. Olmani 3 m/s tezlik bilan yuqoriga tik otsangiz, ilib olishingiz paytida uning tezligi qancha bo'ladi?
2. Jism vertikal yuqoriga 40 m/s tezlik bilan otildi. Qancha vaqtdan so'ng uning tezligi ikki marta kamayadi?



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?
4. 20 m/s ga teng boshlang'ich tezlik bilan erkin tushayotgan jismning harakat boshlangandan 4 s o'tgan paytdagi tezligi qanday (m/s) bo'ladi?
5. Vertikal yuqoriga otilgan jism 6 s dan keyin yerga qaytib tushdi. Jismning boshlang'ich tezligi qanday bo'lgan? Jism qanday balandlikka ko'tarilgan?

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'tish 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 poyezdning 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. 34-rasmda tasvirlangan $v_0 > 0$ uchun tezlik grafigidan jismning $t = 5$ s da bosib o'tgan yo'lini hisoblang.

11. 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?

Kinematika asoslari

12. 34-rasmda tasvirlangan $v_0 = 0$ uchun tezlik grafigidan jismning $t = 5$ s da bosib o'tgan yo'lini hisoblang.

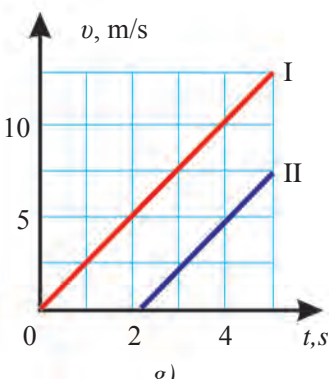
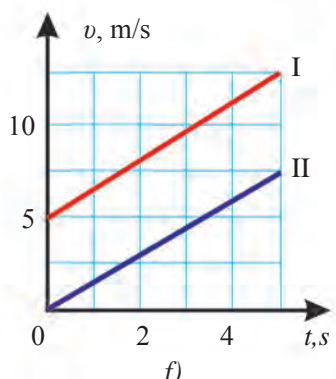
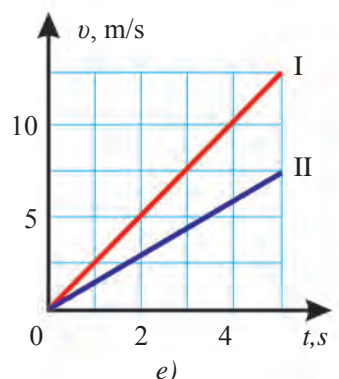
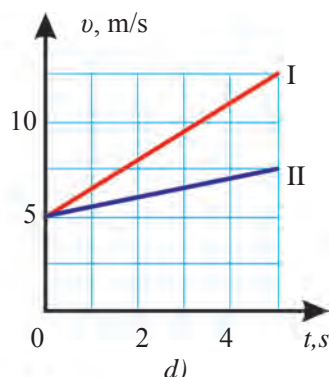
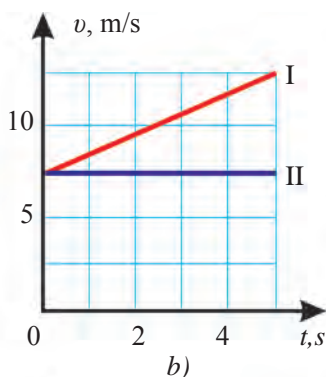
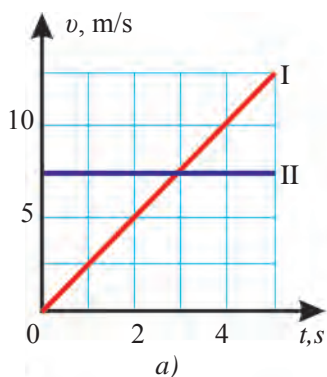
13. Ma'lum balandlikdan qo'yib yuborilgan jism yerga erkin tushmoqda, deylik. U qancha vaqtda 80 m/s tezlikka erishadi? Ushbu va keyingi masalalarda $g = 10$ m/s² deb olinsin.

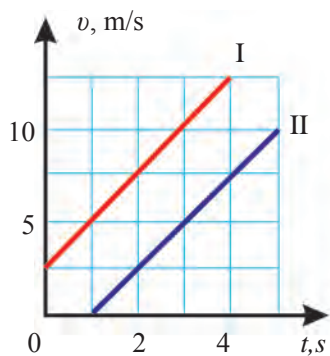
14. Jism ma'lum balandlikdan 5 m/s tezlik bilan pastga tik otildi. 5 s dan keyin jism qanday tezlikka erishadi?

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?

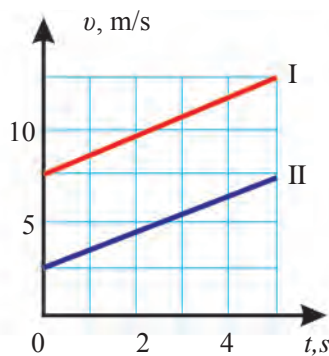
16. Avtomobil 30 km masofani 15 m/s tezlikda, 40 km masofani 1 soatda bosib o'tdi. Avtomobil butun yo'l davomida qanday o'rtacha tezlik bilan harakat qilgan?

17. Quyidagi rasmda keltirilgan grafiklarni tahlil qilib, ikki xil harakatni o'zaro taqqoslang. Undan harakat haqida qanday ma'lumotlarni aniqlay olasiz (harakat turi, boshlang'ich tezlik, tezlanish, harakatlanish vaqti)?

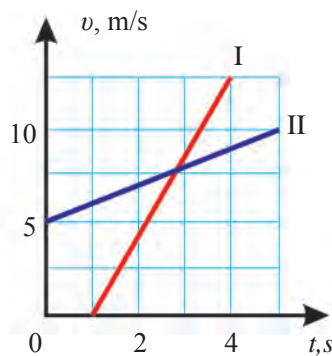




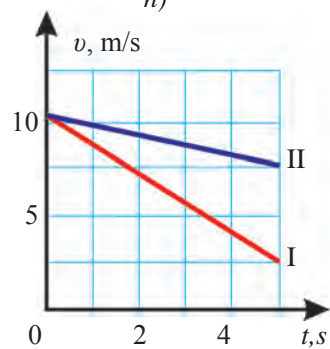
h)



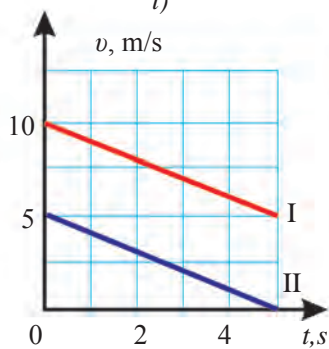
i)



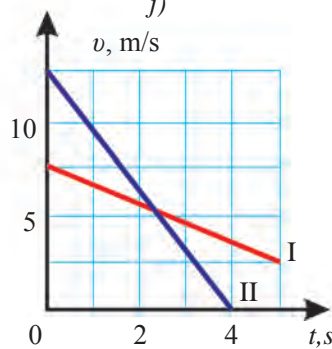
j)



k)

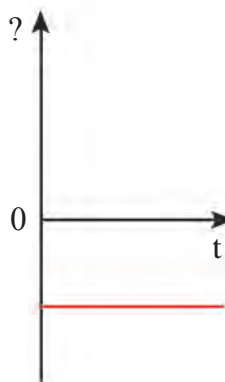


l)

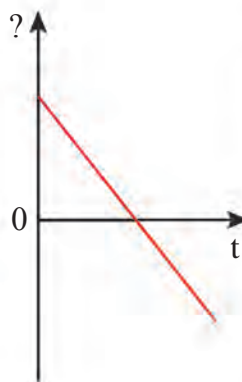


m)

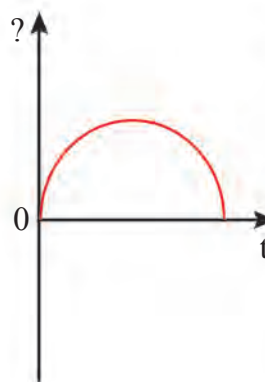
18. Yuqoriga vertikal otigan jism tepaga ko'tarildi va qaytib pastga tushdi. Bu harakatga tegishli ko'chish, yo'l, tezlik va tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi quyidagi rasmda keltirilgan. Grafiklarni tahlil qilib, ularning har biri qaysi bog'lanishga mos kelishini toping.



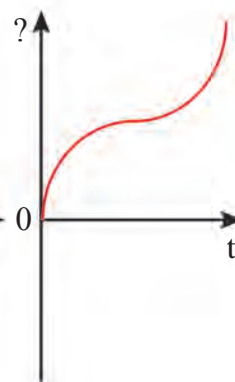
a



b



c



d



III bob.

TEKIS AYLANMA HARAKAT

Biz shu vaqtgacha trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lgan harakatni o‘rgandik. Jismning trayektoriyasi to‘g‘ri chiziq bo‘lmagan har qanday harakati egri chizikli harakatdir. Egri chizikli harakatlarning eng sodda ko‘rinishi esa aylanma harakat bo‘ladi.

Aylanma harakat haqida tushunchalarga ega bo‘lishimiz eng mayda zarracha – elektronlardan tortib sayyoralarning o‘z orbitalari bo‘yicha aylanma harakatlarini tahlil qilishda, turmushimizda foydalanadigan ko‘plab asboblarning aylanma harakat qiladigan qismlarini o‘rganishda yordam beradi. Ushbu bobda jismning tekis aylanma harakati bilan tanishamiz.

15-§. JISMNING TEKIS AYLANMA HARAKATI

Tekis aylanma harakat haqida tushuncha

Soat millari uchining, bir xil tezlikda ketayotgan velosiped yoki avtomobil g‘ildiragining, ishlayotgan ventilyator parragining harakatini tekis aylanma harakat deyish mumkin. Eslatib o‘tamiz, tekis deganda yo‘nalish bo‘yicha tekis emas, vaqt o‘tishi davomida bir xil tezlikni tushunishimiz kerak.

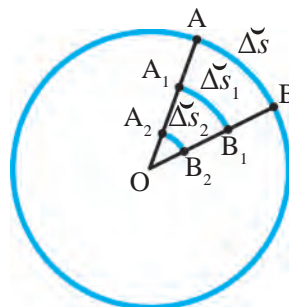


Agar moddiy nuqta aylana bo‘ylab ixtiyoriy teng vaqtlar orasida teng uzunlikdagi yo‘nlarni bosib o‘tsa, bunday harakat tekis aylanma harakat deyiladi.

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

Aylanma harakatda jismning aylanish o'qidan turli uzoqlikdagi nuqtalari ma'lum Δt vaqt davomida turli uzunlikdagi Δs yoylarni bosib o'tadi. 46-rasmdan 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'tishi ko'rinadi. Bu nuqtalarning vaqt birligida bosib o'tgan masofalari, ya'ni tezliklari har xildir.



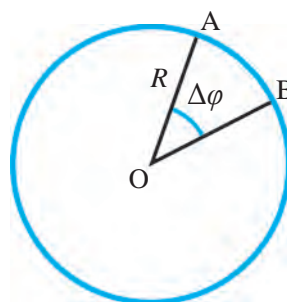
46-rasm. Turli nuqtalarning bosib o'tgan yo'li

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



Aylanma harakat qilayotgan moddiy nuqtaning vaqt birligi ichida yoy bo'ylab bosib o'tgan yo'lga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka chiziqli tezlik deyiladi.

Jism R radiusli aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan bo'lsin (47-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 ($^\circ$) birliklarida o'lchanadi.

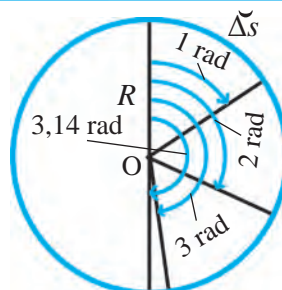


47-rasm. Burilish burchagining hosil bo'lishi



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 (48-rasm). 1 radian taqriban 57 gradusni tashkil etadi, ya'ni $1 \text{ rad} \approx 57^\circ$. 48-rasmdagi R radius 2 radianga burilsa, $\Delta\varphi \approx 114^\circ$, 3 radianga burilsa, $\Delta\varphi = 172^\circ$ bo'ladi. Radius R yarim aylanaga, ya'ni 180° ga burilishi $\Delta\varphi = 3,14 \text{ rad} = \pi$ ni tashkil etadi. Jism bir marta aylanganda aylana uzunligi $s = 2\pi R$ ga teng bo'lgan masofani bosib o'tadi.



48-rasm. Burchakning radian o'lchovi

Kinematika asoslari

Burilish burchagining radian o'lchovidagi ifodasi quyidagiga teng:

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

Aylanma harakatda chiziqli tezlik v bilan bir vaqtda **burchak tezlik ω** (omega) ham qo'llaniladi. Bunda:

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



Aylana bo'ylab harakatda aylana radiusi burilish burchagining shu burilish uchun ketgan vaqtga nisbati burchak tezlik deyiladi.

Burchak tezlik vektor 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?

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$R = 1,5 \text{ m};$ $\Delta t = 24 \text{ s}.$	$\Delta\varphi = 2\pi;$ $\Delta\varphi = \frac{\Delta\check{s}}{R} \text{ dan } \Delta\check{s} = \Delta\varphi R;$ $v = \frac{\Delta\check{s}}{\Delta t}; \quad \omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$	$\Delta\varphi = 2 \cdot 3,14 \text{ rad} = 6,28 \text{ rad};$ $\Delta s = 6,28 \cdot 1,5 \text{ m} = 9,42 \text{ m};$ $v = \frac{9,42 \text{ m}}{24 \text{ s}} \approx 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}};$ $\omega = \frac{6,28 \text{ rad}}{24 \text{ s}} \approx 0,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$
<hr/> <p><i>Topish kerak:</i> $\Delta\varphi = ? \quad v = ?$ $\omega = ?$</p>		

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. Radiusi 10 sm bo'lgan aylana dagi nuqta tekis harakat qilib, aylananing yarmini 10 s vaqt davomida o'tdi. Uning chiziqli tezligini toping.

III bob. Tekis aylanma harakat

2. Yo'lda ketayotgan velosiped yoki avtomobil g'ildiragi harakatini yerga nisbatan aylanma harakat deyish mumkinmi? Nima uchun?



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 qarshidagi yoy uzunligi har bir hol uchun qancha bo'ladi?
5. Istirohat bog'idagi charxpalak savatlari aylanish o'qidan 20 m uzoqlikda o'rnatilgan. Charxpalak savati bir marta to'liq aylanishiga 10 minut vaqt ketadi. Savatning 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 tekis aylanma harakat qilayotgan jismning yo'l formulasi keltirib chiqarilgan edi:

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

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

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

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

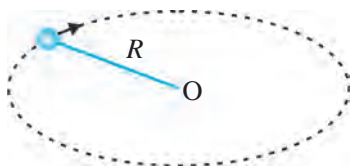
$$v = \omega R. \quad (1)$$

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

Aylanma tekis harakatini yanada to'liqroq ifodalash uchun aylanish davri va aylanish chastotasi tushunchalaridan foydalaniladi.



Jismning bir marta aylanishiga ketgan vaqt aylanish davri deb ataladi.



49-rasm. Ipga bog‘langan sharchaning harakati

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:

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

49-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 (nyu) 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:

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

Aylanish davri T bilan chiziqli tezlik v orasidagi munosabat:

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

Aylanish davri T bilan burchak tezlik ω orasidagi munosabat:

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

Aylanish chastotasi ν bilan chiziqli tezlik v orasidagi munosabat:

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

Aylanish chastotasi ν bilan burchak tezlik ω orasidagi munosabat:

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

Ifodalardan ko‘rinib turibdiki, moddiy nuqtaning burchak tezligi uning aylanish davriga teskari, aylanish chastotasiga esa to‘g‘ri proporsional munosabatda bo‘ladi. Aylanma harakatlar ichida jismlarning tekis harakati ko‘p uchraydi. Masalan, elektr dvigatellarining parraklari, orbita bo‘yicha harakatlanayotgan Yerning sun‘iy yo‘ldoshlari va h.k. Bir xil vaqt oralig‘ida bir xil tezlikda harakatlanayotgan jismlar vaziyatini matematik ko‘rinishda ifodalash oson.

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.

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

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



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



1. Avtomobilning tezligi 20 m/s, g‘ildiragining diametri 64 sm. Avtomobil g‘ildiragining burchak tezligini toping.
2. Jism 10 m/s tezlik bilan 2 m radiusli aylana bo‘ylab harakatlanmoqda. Uning aylanish chastotasini toping.



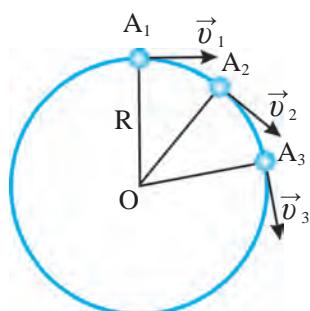
1. Charxpalak savati 1 minutda 2 marta aylanadi. Charxpalak o‘qidan 1 m uzoqlikka o‘rnatilgan savatning chiziqli tezligi va burchak tezligini toping.

Kinematika asoslari

2. 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.
3. Yer shari ekvatorida turgan jismning chiziqli va burchak tezligini hisoblang. Yerning radiusini 6400 km ga teng deb oling.

17-§. MARKAZGA INTILMA TEZLANISH

Aylana bo'ylab tekis harakatda tezlikning yo'nalishi



50-rasm. Tekis aylanma 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 (50-rasm).

Sharcha aylanma harakatda ma'lum Δt vaqt davomida Δs yoyni bosib o'tadi. Δt vaqtni juda kichik deb olsak, shu ondagi oniy tezlikni topishimiz mumkin. 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. Aylanma harakat davomida harakat yo'nalishi doimiy o'zgarib turgani uchun, bizni har bir ondagi tezlikning yo'nalishi qiziqtiradi. Buni tekis aylanma harakat qilayotgan pichoq charxlash diskini kuzatib, uchqunlar yo'nalishidan bilib olishimiz mumkin (51-rasm). Uchqunlar diskning pichoq tegib turgan nuqtasiga o'tkazilgan radiusga perpendikulyar, ya'ni aylana yoyiga urinma yo'nalishda uchib chiqayotganligini ko'ramiz.

Demak, aylananing har bir nuqtasidagi tezlik, 50-rasmda ko'rsatilganidek, aylana radiusiga perpendikulyar yo'nalishda bo'ladi. Qorli yoki suvli yo'llarda ketayotgan avtomobil g'ildiraklaridan sachrayotgan loy-suvning yo'nalishi ham aylanaga urinma ravishda bo'ladi. Aylanma tekis harakatda tezlikning yo'nalishi uzluksiz ravishda o'zgarib turgani uchun hisoblashda uni skalyar emas, vektor kattalik sifatida olishimiz lozim.

Aylana bo'ylab tekis harakatda tezlanish

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat qilayotgan jism tezlanishida vaqt o'tishi bilan harakat yo'nalishi o'zgarmaydi. Biz faqat tezlik miqdori

o'zgarishini va vektor ko'rinishi quyidagicha ekanligini ko'rgan edik:

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

Tekis aylanma harakatda esa tezlik miqdori o'zgarmaydi, faqat yo'nalishi o'zgaradi. Tezlik vektor kattalik bo'lgani uchun ikkita vektorning moduli teng bo'lib, lekin yo'nalishi turlicha bo'lsa, unday vektorlar ayirmasi nolga teng bo'lmashligini bilamiz (52-rasm).

Buni 50-rasmda tasvirlangan sharchaning harakatida ko'rsak, Δt vaqt ichida tezlik vektorlarining ayirmasi $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$ yoki $\vec{v}_3 - \vec{v}_2$ noldan farqli bo'ladi. Demak, tezlik vektorlari o'zgarib qoladi. Tezlikning o'zgarishi esa aylanma harakatda tezlanish mavjud ekanligidan dalolat beradi. (1) formuladan sharchaning Δt vaqt ichida A_1 nuqtadan A_2 nuqtaga o'tishidagi harakat uchun tezlanish quyidagicha ifodalanadi:

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

R radiusli aylana bo'ylab \vec{v} tezlik bilan tekis harakatlanayotgan jismning oniy tezlanishi quyidagicha topiladi:

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

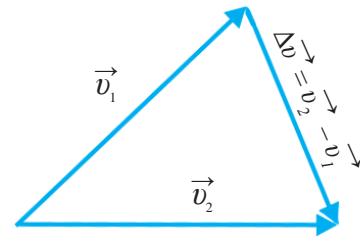
Formuladan aylanma harakatda aylana radiusi qancha kichik bo'lsa, tezlanish shuncha katta bo'lishini ko'rishimiz mumkin. Aylana radiusi kattalashib, to'g'ri chiziqqa yaqinlashgan sari tezlanish qiymati kamayib, nolga yaqinlashib boradi. To'g'ri chizikli tekis harakatda esa tezlik vektorlari ustma-ust tushadi. Natijada tezliklar qiymati va yo'nalishi bir xil bo'lib, tezlanish nolga teng bo'lib qoladi.

Aylanma tekis harakatda tezlanishning yo'nalishi

Tekis aylanma harakat qilayotgan sharcha A_1 nuqtadan A_2 nuqtaga o'tganda tezliklar vektorlari ayirmasi $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ bo'ladi. \vec{v}_2 vektordan \vec{v}_1 vek-

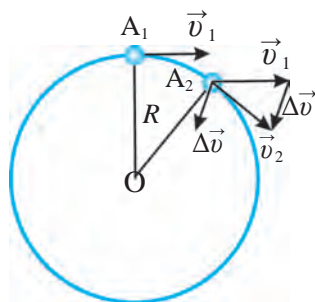


51-rasm. Tekis aylanma harakatda tezliklarning yo'nalishi



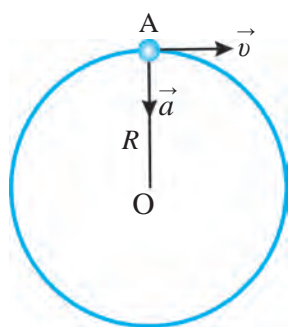
52-rasm. Moduli teng, yo'nalishi turlicha vektorlar ayirmasi

Kinematika asoslari



53-rasm. Tekis aylanma harakatda tezliklar vektori ayirmasi

vektor, binobarin, \vec{a} tezlanish R radius bo'ylab O markazga yo'nalgan bo'ladi (54-rasm). Shuning uchun ham aylanma tekis harakat qilayotgan



54-rasm. Markazga intilma tezlanishning yo'nalishi

tor ayirilganida ayirma $\Delta\vec{v}$ vektorning yo'nalishi 53-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, $\Delta\vec{v}$ vektorning yo'nalishi aylana markazi tomon shunchalik yaqin yo'naladi. A_2 nuqta A_1 nuqtaga nihoyatda yaqin bo'lganda, $\Delta\vec{v}$ vektor, binobarin, \vec{a} tezlanish R radius bo'ylab O markazga yo'nalgan bo'ladi (54-rasm). Shuning uchun ham aylanma tekis harakat qilayotgan jismning tezlanishi **markazga intilma tezlanish** deb ataladi. Demak, jismni aylanma harakat ettirish uchun uni doimiy ravishda markazga intilma tezlanish bilan harakat qildirish kerak ekan. Faqat shundagina u aylanma harakat qiladi.

Masala yechish namunasi

Velosiped radiusi 25 m bo'lgan aylanma yo'lda 10 m/s tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Uning markazga intilma tezlanishini toping.

Berilgan:
 $R = 25 \text{ m};$
 $v = 10 \text{ m/s}.$

Formulasi:
 $a = \frac{v^2}{R}.$

Yechilishi:
 $a = \frac{10^2 \text{ m}}{25 \text{ s}^2} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$

Topish kerak:
 $a = ?$

Javob: $a = 4 \text{ m/s}^2.$



Tayanch tushunchalar: aylanma harakatda tezlanish, markazga intilma tezlanish.



- Haydovchi avtomobilga radiusi 30 sm bo'lgan g'ildiraklar o'rniga 32 sm li g'ildiraklar o'rnatib oldi. Agar spidometr 60 km/soat tezlikni ko'rsatayotgan bo'lsa, aslida, bu avtomobil qanday tezlikda harakatlanayotgan bo'ladi?
- Nima uchun aylanma tekis harakatda namoyon bo'ladigan tezlanish markazga intilma tezlanish deb ataladi?

III bob. Tekis aylanma harakat

M
12

1. Uzunligi 25 sm bo'lgan ipga bog'langan sharcha 5 m/s chiziqli tezlik bilan aylanmoqda. Sharchaning markazga intilma tezlanishini toping.
2. Avtomobil 90 km/soat tezlik bilan tekis harakatlanmoqda. Agar avtomobil g'ildiragining radiusi 35 sm bo'lsa, g'ildirak chekkasidagi nuqtaning markazga intilma tezlanishini toping.
3. Radiusi 12 sm bo'lgan charx diski 1 minutda 1200 marta aylanmoqda. Charx aylanish o'qidan eng uzoq nuqtasining markazga intilma tezlanishini aniqlang.
4. Velosiped 12 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. G'ildirak chekkasidagi nuqtaning markazga intilma tezlanishi 250 m/s^2 . Velosiped g'ildiragining radiusi qancha?
5. Ventilyator parragining radiusi 15 sm, aylanish chastotasi 20 l/s. Ventilyator parragining aylanish davri, burchak tezligi va parrak uchidagi nuqtaning chiziqli tezligi hamda markazga intilma tezlanishini toping.

III BOB BO'YICHA XULOSALAR

- ◆ Tekis aylanma harakat qilayotgan jism ixtiyoriy teng vaqtlar orasida teng yoylarni bosib o'tadi.
- ◆ Tekis aylanma harakat qilayotgan jismning chiziqli tezligi: $v = \frac{\Delta \check{s}}{\Delta t}$.
- ◆ Tekis aylanma harakat qilayotgan jismning burchak tezligi: $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$.
- ◆ Tekis aylanma 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 vektori \vec{a} aylana markazi tomonga yo'nalgani uchun markazga intilma tezlanish deb ataladi.
- ◆ Bir marta to'liq aylanish burchagi: $\varphi = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \text{ rad} = 360^\circ$.

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 ventilyator parragining uchi 25 m/s chiziqli tezlik bilan aylanmoqda. Ventilyator 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 davri 365 sutka 5 soat 48 minut 46 sekund. Yerning Quyosh atrofida aylanish chastotasi va chiziqli tezligini toping. 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 6400 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 1000 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. Soatning minut strelkasi sekund strelkasidan 3 marta uzun. Strelkalar uzunligining chiziqli tezliklari nisbatini toping.
10. Jismning aylana bo‘ylab harakatida uning aylanish radiusi 2 marta ortib, tezligi 2 marta kamaygan bo‘lsa, uning aylanish davri qanday o‘zgaradi?
11. Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishini Oyning markazga intilma tezlanishiga nisbatini hisoblang. Oy orbitasining radiusi 60 Yer radiusiga teng.

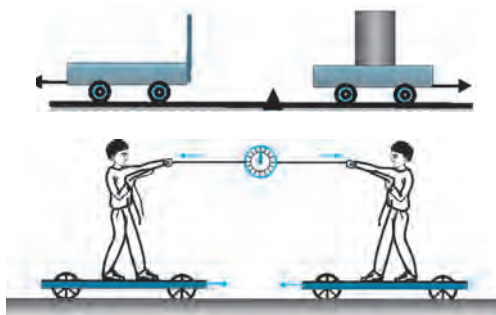
DINAMIKA ASOSLARI

Biz kinematika bo'limida jismning harakatini soddalashtirib o'rganish uchun jismga ta'sir etuvchi kuchlarni e'tiborga olmagan edik. To'g'ri chiziqli tekis va notekis harakat haqida ham ma'lumotlarga ega bo'ldik. Jismning ilgarilanma va aylanma harakatlarini turli ko'rinishda ifodalashni ham o'rganib oldik.

Endi biz nima sababdan jismlar o'zgaruvchan harakat qiladi, ularning tezlanish olishiga olib keluvchi omillar nimadan iborat, degan savollarga javob qidiramiz. Shunday ekan, bizni jismlar harakatidagi sodir bo'ladigan o'zgarishlarning jismlar massasi va ular orasidagi o'zaro ta'sir etuvchi kuchlarga bog'liqligi qiziqtirishi shubhasiz.

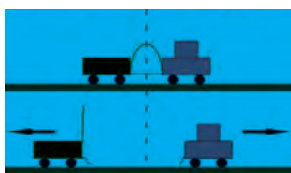
Jism harakatidagi o'zgarishning unga ta'sir etuvchi kuchlarga bog'liqligi mexanikaning *dinamika* bo'limida o'rganiladi. Dinamika yunoncha *dynamikas* so'zidan olingan bo'lib, *kuchga oid* degan ma'noni bildiradi.

IV bob. HARAKAT QONUNLARI



V bob. TASHQI KUCHLAR TA'SIRIDA JISMLARNING HARAKATI





IV bob. HARAKAT QONUNLARI

Oldingi darslarda har bir harakat nisbiy ekanligini bilib oldik. Bitta harakatning unga olib keluvchi sabablari bilan o'zaro bog'liqligi turli sanoq sistemalarda ko'rilganida, bir-biridan keskin farq qiladigan natijalar olinadi. Harakat va uning sabablari orasidagi bog'liqlik ba'zi bir sanoq sistemalariga nisbatan ko'rilganida esa juda sodda ko'rinishga ega bo'lar ekan. Bunday sistemalardan biri, masalan, Yer. Shu sababli dinamikani o'rganishda Yerni sanoq sistemasi deb olsak bo'ladi.

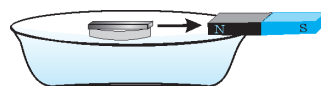
Dinamikaning asosiy qonunlari uchta bo'lib, ular harakat qonunlari deyiladi. Ingliz olimi **Isaak Nyuton** tomonidan 1687-yilda e'lon qilingan bu qonunlar insoniyatning ko'p asrlik tajribasi natijalarini umumlashtirdi va yangi pog'onaga olib chiqdi. Dinamikaga oid bilimlarning bir tizimga tushirilishi va foydalanish uchun qulay bo'lgan matematik ko'rinishda ifodalaniishi fan va texnika rivojiga katta turtki bo'ldi. Bu qonunlar uning sharafiga Nyuton qonunlari deb ataladi.

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

Jismlarning o'zaro ta'siri

Tinch turgan jism boshqa jismlar bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida harakatga kelishi mumkin. Harakatlanayotgan jism esa bunday ta'sir natijasida tezligini yoki harakat yo'nalishini o'zgartiradi.

Tajriba. Ustiga temir bo'lagi qo'yilgan po'kakni idishdagi suv yuziga qo'ying. Agar suv yuzidagi temirga magnit yaqinlashtirilsa, po'kak ustidagi temir 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



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

Dinamika asoslari

koptokchanning tezligi kamaya boradi. U ma'lum balandlikka ko'tarilganida, tezligi nolga teng bo'lib to'xtaydi va so'ngra pastga qarab tusha boshlaydi. Stol ustida tinch turgan sharchani turtib yuborsangiz, u joyidan qo'zg'aladi. U harakatga keladi, lekin sharcha va stol sirtining ishqalanishi ta'sirida sharchaning harakati sekinlashib boradi va to'xtaydi.

Kuch



56-rasm. Kuch ta'sirida o'chirgichning egilishi

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

Mexanik ta'sir jismlarning bir-biriga bevosita tegishi (kontaktda bo'lishi) yoki ularning maydoni orqali sodir bo'lishi mumkin. Masalan, 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. Shuningdek, temir bo'lagiga ta'sir (55-rasm) magnit maydon orqali, jismlarning Yerga tortilishi esa gravitatsion maydon natijasida yuzaga keladi. Fizikada ko'pincha tahlil qilinayotgan jismga qaysi jism va qanday ta'sir qilayotgani ko'rsatilmay, faqat qisqagina qilib jismga kuch ta'sir etmoqda deyiladi. Jismlar o'zaro ta'sirini tavsiflash uchun fizik kattalik – **kuch** tushunchasi kiritiladi. Demak, kuch jism tezligini o'zgartiruvchi sabab ekan. Kuch ta'sirida jismning hamma qismi tezligi o'zgarmasdan, balki bir qismining tezligi o'zgarishi mumkin. Masalan o'chirgichning bir qismi siqilsa, uning shakli o'zgaradi, ya'ni deformatsiyalanadi (56-rasm). Yuqorida keltirilgan barcha misollarda jism boshqa jism ta'siri ostida harakatga keladi, to'xtaydi yoki o'zining harakat yo'nalishini o'zgartiradi, ya'ni tezligi o'zgaradi.



Bir jismning boshqa jismga ta'sirini tavsiflovchi hamda jismning tezlanish olishiga sabab bo'luvchi fizik kattalik *kuch* deb ataladi.

Kuch F harfi bilan belgilanadi va XBSda uning birligi qilib **nyuton** (N) qabul qilingan. Amalda kuchni o'lchashda millinyuton (mN) va kilonyuton (kN) ham qo'llaniladi. Bunda:

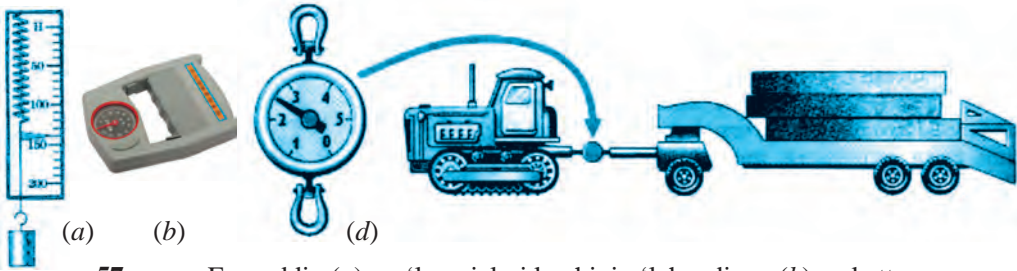
$$1 \text{ N} = 1000 \text{ mN}; \quad 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}.$$

Kuch vektor kattalik bo'lib, kuchning son qiymatidan tashqari uning yo'nalishi va ta'sir etayotgan nuqtasini aniq ko'rsatishimiz kerak (14-rasm).



Kuch kucho'lgich, ya'ni *dinamometr* yordamida o'lchanadi.

Dinamometrlar qo'llanilish maqsadiga ko'ra turlicha bo'ladi. 57-rasmda ulardan ayrimlari tasvirlangan.

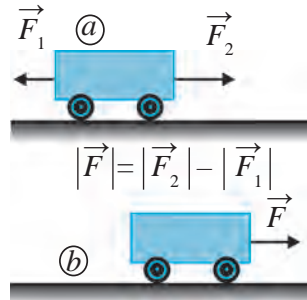


57-rasm. Eng oddiy (a), qo'l panjalari kuchini o'lchaydigan (b) va katta kuchlarni o'lchaydigan (d) dinamometrlar

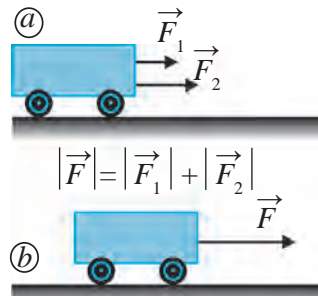
Kuchlarni qo'shish

Agar biror jismga bir nechta kuch ta'sir etayotgan bo'lsa, masalani soddalashtirish uchun ularning jami ta'sirini bitta kuch ko'rinishida ifodalash mumkin. Buning uchun jami kuchlarning vektor yig'indisini topishimiz kerak. Masalan, aravachaga bir to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda $\vec{F}_1 = 3 \text{ N}$ va $\vec{F}_2 = 5 \text{ N}$ kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsin (58-a rasmi). Bu vektor kuchlarning yig'indisi $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ miqdor jihatdan 8 N emas, balki 2 N ga teng bo'ladi. Aravacha shu $|F| = 2 \text{ N}$ kuch ta'sirida o'ng tomonga harakatlanadi (58-b rasmi).

Endi ikkala kuch bir tomonga yo'nalgan bo'lsin (59-a rasmi). Bunday holda ikkala kuchning kattaligi to'g'ridan-to'g'ri qo'shiladi. Natijaviy kuch $|F| = 8 \text{ N}$ bo'lib, aravacha shu kuch ta'sirida o'ng tomonga kattaroq tezlikda harakatlanadi (59-b rasmi). Bir to'g'ri chiziq bo'ylab ikkita emas, balki undan ortiq kuchlar ta'sir etsa, natijaviy kuch har bir kuchning yo'nalishiga qarab, ularning kattaliklari qo'shiladi yoki ayiriladi.

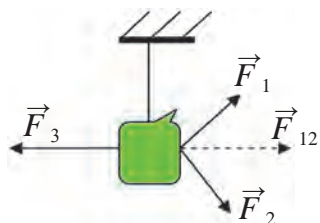


58-rasm. Qarama-qarshi yo'nalgan kuchlar (a) va ularning yig'indisi (b)



59-rasm. Bir tomonga yo'nalgan kuchlar (a) va ularning yig'indisi (b)

Dinamika asoslari



60-rasm. Uchta kuch muvozanati

Agar ta'sir etayotgan kuchlar bir chiziqda yotmasa, vektorlarni qo'shish qoidasiga asosan yig'indi kuch topiladi. Masalan, yukni uchta kuch tortayotgan bo'lsin (60-rasm). \vec{F}_1 va \vec{F}_2 kuchlarning teng ta'sir etuvchisi $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{12}$ ga teng. \vec{F}_{12} va \vec{F}_3 kuchlar o'zaro teng va qarama-qarshi yo'nalgani uchun ularning teng ta'sir etuvchisi $\vec{F}_{12} + \vec{F}_3 = \vec{F} = 0$ bo'ladi.

Natijada bu yuk muvozanat holatida osilib turadi. Yukka ta'sir etayotgan Yerning tortish kuchi va arqonning elastiklik kuchi ham muvozanatda bo'ladi.



Tayanch tushunchalar: jismlarning o'zaro ta'siri, kuch, kuchning birligi – nyuton.



1. Stol ustida kitob yotibdi. Kitob qanday kuchlar ta'sirida tinch yotibdi? Kuch vektorlari yo'nalishini ko'rsatib, chizma chizing.
2. Jismlarning o'zaro ta'siri natijasida koptok harakatga keladigan yoki harakat yo'nalishini o'zgartiradigan jarayonlarga misollar keltiring.

19-§. NYUTONNING BIRINCHI QONUNI — INERSIYA QONUNI

Jismning inersiyasi

Tajribalar va kuzatishlar jismning tezligi o'z-o'zidan o'zgarib qolmasligini ko'rsatadi. Maydonda yotgan koptokga kimdir ta'sir qilsagina, u harakatga keladi. Ko'chada yotgan toshga hech qanday jism ta'sir etmasa, u o'sha joyda yotaveradi. Ta'sir natijasida jism tezligining miqdorigina emas, balki harakat yo'nalishi ham o'zgarishi mumkin. Masalan, tennis shari raketkaga urilgach, o'z harakat yo'nalishini o'zgartiradi.

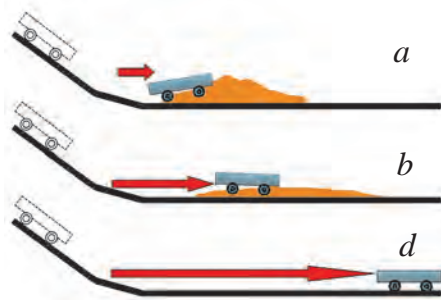


Jism tezligining o'zgarishi (miqdori yoki yo'nalishi) unga boshqa jismlar ta'siri natijasida yuz beradi.

Jism tezlanish olishi uchun unga boshqa bir jism yoki jismlar sistemasi ta'sir etishi kerak. Bir sharga boshqa shar kelib urilsa, tinch turgan shar qandaydir a_1 tezlanish olib, harakatga keladi. Shu bilan birga, kelib urilgan shar ham tezligini o'zgartiradi, ya'ni a_2 tezlanish oladi. Tezlikning o'zgarishi, ya'ni tezlanish deyilganida, tezlikning miqdorinigina emas, yo'nali-

shu ham o'zgarishi mumkinligini esda tutish kerak. Agar sharlar bir xil materialdan tayyorlanib, o'lchamlari bir xil bo'lsa, ular olgan tezlanish ham qiymat jihatidan bir xil bo'ladi. Agar o'lchamlari turlicha bo'lsa, katta shar kam tezlanish, kichigi esa katta tezlanish olganini ko'ramiz. Bu holda, katta shar kichigidan inertliroq deyiladi. Tinch turgan jismni harakatga keltirish uchun ham kuch ishlatish kerak bo'ladi. Inersiya (lotincha *harakatsizlik*, *faoliyatsizlik*) jismlarning asosiy xossalaridan biri bo'lib, boshqa jismlar ta'sirida jismning qanday tezlanish olishi unga bog'liq.

Tajriba o'tkazib ko'raylik. Qiyalikdan tushib kelayotgan aravacha qarshisiga qum to'kib qo'yaylik. Arava qumli to'siqqa kelib urilib, to'xtaydi (61-a rasm). Agar qum kamroq sepilsa, u kattaroq masofaga borib to'xtaydi (61-b rasm). Agar qum umuman sepilmasa, kam qarshilik natijasida arava yanada uzoqroq masofaga borib to'xtaydi (61-d rasm). Qarshilik qancha kamaytirilsa, jism shuncha to'g'ri chiziqli tekis harakat tezligiga yaqin tezlikda bo'ladi.



61- rasm. Aravacha harakatiga turli to'siqlarning ta'siri



Boshqa jismlar ta'siri qancha kam bo'lsa, jismning harakat tezligi miqdori shuncha kam o'zgaradi va uning harakat trayektoriyasi to'g'ri chiziqqa shuncha yaqin bo'ladi.

Agar jismga boshqa jismlar tomonidan hech qanday kuch ta'sir etmasa, u qanday harakat qiladi? Buni tajribada ko'rsa bo'ladimi? Bu savollarga XVII asr boshlarida italyan olimi Galileo Galiley tajribalar yordamida javob berishga harakat qilib ko'rdi. Natijada, agar jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa, u tinch holatda yoki Yerga nisbatan to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'lishi aniqlandi. Inersiyaning namoyon bo'lishiga juda ko'p duch kelamiz. Masalan, agar tez harakatlanayotgan velosiped to'siqqa urilsa, velosipedchi oldinga uchib ketadi (62-rasm). Chunki bu holda u o'zining harakatdagi holatini birdan to'xtata olmaydi. Avtobus to'satdan yurib ketsa, uning ichida turgan odam orqaga tislanib ketadi. Bunga sabab, tinch turgan odamning gavdasi birdaniga harakatga kela olmaydi.



62- rasm. Velosipedning to'siqqa urilishi



Jismning boshqa jismlar ta'siri bo'lmaganida o'zining tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlash xossasi inersiya deyiladi.

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

Ma'lum tezlikda kelayotgan avtomobil birdaniga to'xtay olmaydi. Shu tezlikda kelayotgan poyezd sostavining to'xtashi uchun yana ham ko'proq vaqt va masofa kerak bo'ladi. Shuning uchun yurib ketayotgan transport vositasi oldini kesib o'tish juda xavfli.

Transport vositasining to'xtashi davomida bosib o'tgan yo'li **tormozlanish masofasi** deb ataladi.

Nyutonning birinchi qonuni



Isaak Nyuton

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



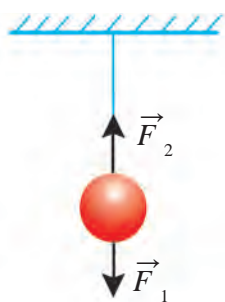
Jismga kuch ta'sir etib, uni tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat holatidan chiqarmaguncha, u shu holatini saqlaydi.

Bu qonun *Nyutonning birinchi qonuni* deb ataladi. Uni boshqacha ta'riflash ham mumkin:



Agar jismga boshqa jismlar ta'sir etmasa, u doimiy bir xil tezlikda harakat qiladi yoki o'zining tinch holatini saqlaydi.

Ipga osib qo'yilgan sharchaga Yer tortish kuchi \vec{F}_1 ta'sir etib, pastga tushirishga harakat qilsa, ip \vec{F}_2 kuch bilan uni tepaga tortib, tushib ketishiga yo'l qo'ymaydi (63-rasm). Natijada sharcha osilgan holda tinch turadi. Agar ip uzib yuborilsa, jism pastga tushib ketadi. Bu yerda 6-betda keltirilgan Ibn Sinoning ishkorning qulashi haqidagi misolini eslash o'rinli. Ya'ni ishkornig uniga ta'sir etuvchi ikkita kuching tengligi sababli muvozanatda turgan edi. Yuqoriga ko'tarib turuvchi ustun ta'siri olib tashlanganida esa og'irlik kuchi ta'sirida ishkornig harakatga keldi va qulab tushdi.



63-rasm. Kuchlar muvozanati

Demak, ta'sir etuvchi kuchlar muvozanati, ya'ni ularning vektor yig'indisi nolga teng bo'lgan holatda ham jism o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.

Nyutonning birinchi qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin:

1. Tinch holatda turgan, ya'ni $v = 0$ bo'lgan jismga boshqa jismlar ta'sir qilmaguncha, u o'zining tinch holatini saqlaydi. Bu jism boshqa jismlar ta'sir etgandagina harakatga kelishi mumkin.

Masalan, maydonda tinch turgan to'pga boshqa jism – futbolchining oyog'i ta'sir etmaguncha, u o'zining tinch holatini saqlaydi (64-rasm). To'p tepilsa, ya'ni unga biror jism ta'sir etsa, uning tinch holati buziladi va u harakatga keladi.

Xuddi shunday, 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 (65-rasm).



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



65-rasm. Tepilgan to'pning harakati



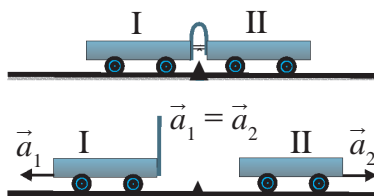
Tayanch tushunchalar: jismning inersiyasi, Nyutonning birinchi qonuni.



1. Katta tezlikda ketayotgan avtobusda haydovchi birdaniga tormozni bossa, yo'lovchilar qanday harakat qilishadi? Sizningcha, to'satdan boshlangan bu harakat tezligi qanday kattaliklarga bog'liq?
2. Jismga bir-biriga nisbatan burchak ostida ta'sir etayotgan uchta kuch vektorlari yig'indisini chizmada chizib ko'rsating.

20-§. JISM MASSASI

Jismlarning inertligi



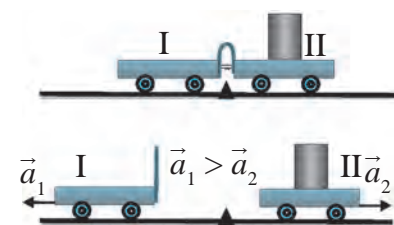
66-rasm. Inertligi bir xil bo'lgan aravachalarning harakati

Tajriba. Biriga elastik plastinka mahkamlangan ikkita bir xil aravachani 66-rasmda ko'rsatilganidek stol ustiga qo'yaylik. Bukilgan plastinkani tortib turgan ipni uzib yuborsak, elastik plastinka ikkala aravachaga bir xil ta'sir etib, ularni ikki tomonga turtib yuboradi. Bunda ikkala aravacha bir xil tezlanish oladi, ya'ni:

$$\vec{a}_1 = \vec{a}_2.$$

Endi ikkinchi aravacha ustiga yuk qo'yib, yuqoridagi tajribani takrorlaylik (67-rasm). Lekin bu holda birinchi aravacha ikkinchi aravachaga qaraganda uzoqroqqa borib to'xtaydi, ya'ni birinchi aravacha olgan tezlanish ikkinchisiga nisbatan katta bo'ladi:

$$\vec{a}_1 > \vec{a}_2.$$



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

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



Jismga boshqa jism ta'sir etmaganda uning tinch yoki to'g'ri chiziq-li tekis harakat holatini saqlash xossasiga *inertlik* deyiladi.

Jismga kuch ta'sir qilganda, shu jism inertligining katta yoki kichikligi namoyon bo'ladi. Haqiqatan ham, gantelni shtangaga nisbatan ko'tarish, ya'ni harakatga keltirish oson. Chunki gantelning inertligi shtanganikiga nisbatan kichik. O'yinchoq mashinani qo'limiz bilan turtib yuborsak, u harakatlanadi. Lekin haqiqiy mashinani turtib yurgizish uchun ancha katta kuch kerak bo'ladi. Chunki haqiqiy mashinaning inertligi katta. Poyezdning inertligi har qanday mashina inertligidan katta. Shuning uchun po-

yezdni 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 qancha katta bo‘lsa, uning tinch yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat holatini o‘zgartirish shuncha qiyin kechadi.

Massa

Barcha jismlar inertlik xossasiga egadir. Tajribalardan ko‘rinadiki, bitta jism o‘rniga shunday kattalikdagi ikkita jism bir-biriga yopishtirib qo‘yilsa, bir xil kattalikdagi kuch ta‘sirida ularning olgan tezlanishlari ikki marta kamayadi. Bir xil hajmdagi turli moddalardan tayyorlangan jismlar bir xil kuch ta‘sirida turlicha tezlanish oladi, ya‘ni inertligi turlicha miqdorda bo‘ladi. Demak, har bir jism inertligini jism ma‘lum kuch ta‘sirida olgan tezlanishini mexanik usulda o‘lchash yo‘li bilan topish mumkin.

Yuqoridagi misollardan ko‘rinadiki, turli jismlarning inertligi turlicha miqdorda bo‘ladi. Har bir jismning inertligi shu jismning o‘zigagina xos kattalikdir. Jismlarning inertligini taqqoslash uchun maxsus kattalik – massa qabul qilingan.



Jismning inertlik xossasini tavsiflaydigan fizik kattalik massa deb ataladi va m harfi bilan belgilanadi.

«Massa» so‘zi lotinchada «bo‘lak», «parcha» degan ma‘noni bildiradi. Istalgan jismning massasi, u qayerda bo‘lishidan qat‘i nazar, bir xil qiymatga ega bo‘ladi. Jism dengiz ostidami, boshqa sayyoradami yoki kosmosdami, farqi yo‘q, massasi o‘zgarmaydi. Xalqaro birliklar sistemasida massaning birligi qilib kilogramm qabul qilingan. Dastlab etalon sifatida temperaturasi $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ bo‘lgan 1 dm^3 (1 litr) hajmdagi sof (distillangan) suvning massasi 1 kg ga teng deb olingan edi. Biroq bu etalon zarur aniqlikni ta‘minlay olmadi.



Havoda oksidlanmaydigan platina va iridiy qotishmasidan tayyorlangan, massasi 1 kg ga teng bo‘lgan silindr massa etaloni deb qabul qilingan.

Uning asl nusxasi Parij yaqinidagi Sevr shaharchasidagi Xalqaro o‘lchovlar byurosida saqlanadi.

Dinamika asoslari

Jism massasi gramm (g), sentner (sr), tonna (t) kabi birliklarda ham o'lchanishini bilasiz. Jismlar massasini shayinli va boshqa turdagi 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. Qadimda foydalanilgan qanday o'lchov birliklarini bilasiz? Ularning hozir foydalanilayotgan Xalqaro birliklar sistemasidagi o'lchov birliklari bilan munosabatlarini yozing.
2. Nima uchun modda miqdorining o'lchovi sifatida massadan foydalaniladi?

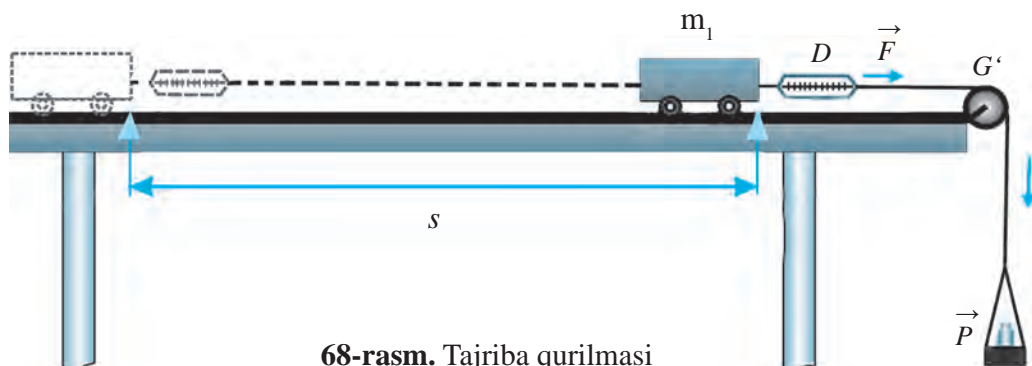
21-§. NYUTONNING IKKINCHI QONUNI

Tezlanish va kuch orasidagi munosabat

Jismga kuch ta'sir etmasa yoki ta'sir etuvchi kuchlarning vektor yig'indisi nolga teng bo'lsa, jism o'zgarmas tezlikda harakat qilishini bilib oldik. Tezligini o'zgartirishi, ya'ni tezlanish olishi uchun esa jismga qandaydir kuch ta'sir etishi kerak. Jism tezlanish olishi uchun bu kuch unga qanday ta'sir etadi? Boshlang'ich tezliksiz 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 ifodalanadi. Bu formuladan jismning tezlanishini topish mumkin:

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

Quyidagi tajribani o'tkazib ko'raylik.



68-rasm. Tajriba qurilmasi

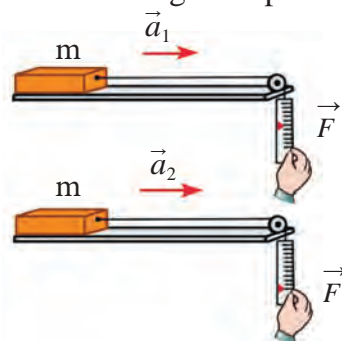
1-tajriba. Gorizontol stol ustida harakatlanadigan m massali aravachani olaylik. Aravachaga D dinamometrni mahkamlab, dinamometrning ikkinchi uchiga G' g'altakdan o'tkazilgan ip orqali P pallachani osamiz. Dinamometrning ko'rsatishlariga qarab, aravachaga ta'sir etayotgan F kuchni aniqlash mumkin.

1. Pallachaga shunday yuk qo'yaylikki, aravacha ushlab turilganda dinamometrning ko'rsatishi, deylik, $F_1 = 0,1$ N bo'lsin. Aravachani qo'yib yuborganimizda, u $s = 1$ m masofani $t_1 = 4,5$ s da bosib o'tsin. U holda (1) formuladan aravacha olgan tezlanish $a_1 \approx 0,1$ m/s² ekanligini topamiz (\approx – taqriban, ya'ni yaxlitlangan qiymat belgisi).

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

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

Tajriba natijalaridan ko'rinadiki, aravachaga ta'sir etayotgan F kuch necha marta ortsa, aravacha olgan a tezlanish ham shuncha marta ortadi (69-rasm), ya'ni:



69-rasm. Tezlanishning kuchga bog'liqligi

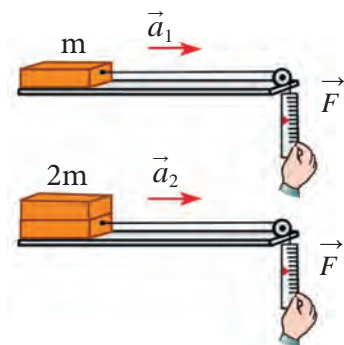
$$a \sim F \quad (2)$$



Berilgan massali jismning tezlanishi unga ta'sir qiluvchi kuchga to'g'ri proporsionaldir.

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

Динамика asoslari



70-rasm. Tezlanishning massaga bog‘liqligi

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 $a_1 \approx 0,1$ m/s² bo‘ladi.

2. Aravacha ustiga xuddi shunday boshqa aravachani to‘ntarilgan holda qo‘yaylik. Endi aravachaning massasi $m_2 = 2$ kg bo‘ldi. Aravacha 1 m yo‘lni $t_2 = 6,5$ s da bosib o‘tganini, hisob-kitoblar esa tezlanish $a_2 \approx 0,05$ m/s² ekanligini ko‘rsatadi.

3. Aravachaning ustiga ikkita aravacha qo‘yib, uning massasini $m_3 = 3$ kg ga yetkazamiz. U holda aravacha 1 m yo‘lni $t_3 = 7,8$ s da bosib o‘tib, tezlanish $a_3 \approx 0,033$ m/s² ni tashkil etadi.

Tajriba natijalaridan ko‘rinadiki, aravachaning massasi m qancha marta ortsa, uning olgan a tezlanishi shuncha marta kamayadi (70-rasm), ya‘ni:

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



Bir xil kuch ta‘sirida jismlarning olgan tezlanishlari ular massasiga teskari proporsionaldir.

Nyutonning ikkinchi qonuni formulasi va ta‘rifi

O‘tkazilgan tajribalarning natijalari a tezlanish, F kuch va m massa orasidagi munosabatni aniqlashga imkon beradi. (2) va (3) formulalarni birgalikda yozib ko‘raylik:

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

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



Jismning tezlanishi unga ta‘sir etayotgan kuchga to‘g‘ri proporsional, massasiga esa teskari proporsionaldir.

(4) formuladan F ni topib, 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 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ tezlanish beradigan kuchdir.

Nyutonning ikkinchi qonuni formulasi vektor ko‘rinishda quyidagicha ifodalanadi:

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

Aslida, Nyutonning birinchi qonuni ikkinchi qonunining $F = 0$ dagi xususiy holdir. Chunki, $F = 0 = ma$ da $m \neq 0$ bo‘lgani uchun, $a = 0$ ekanligi kelib chiqadi. Ya’ni, jismga kuch ta’sir etmasa, unda tezlanish bo‘lmaydi.

Masala yechish namunasi

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

Berilgan:

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

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

Formulasi:

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

Yechilishi:

$$a = \frac{100 \text{ N}}{0,05 \text{ kg}} = 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} .$$

$$\text{Javob: } a = 2000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} .$$

Topish kerak:

$$a = ?$$



Tayanch tushunchalar: Nyutonning ikkinchi qonuni.



1. 1 va 2-tajribalar asosida aravacha tezlanishini topib, jadvalni to‘ldiring va xulosa chiqaring.

№	$F, \text{ N}$	$m, \text{ kg}$	$a, \text{ m/s}^2$	№	$F, \text{ N}$	$m, \text{ kg}$	$a, \text{ m/s}^2$
1	0,1	1		1	0,1	1	
2	0,2	1		2	0,1	2	
3	0,3	1		3	0,1	3	



1. Agar massasi 2 kg bo‘lgan jismga bir vaqtda 10 N va 15 N kuch ta’sir etayotgan bo‘lsa, u qanday tezlanishlar olishi mumkin?
2. v tezlik bilan harakatlanayotgan jism shu tezlikda harakatini davom ettirishi uchun doimiy F kuch ta’sir etib turishi shartmi? F kuch ta’sirini yo‘qotsa, jism ham to‘xtaydimi?

22-§. NYUTONNING UCHINCHI QONUNI

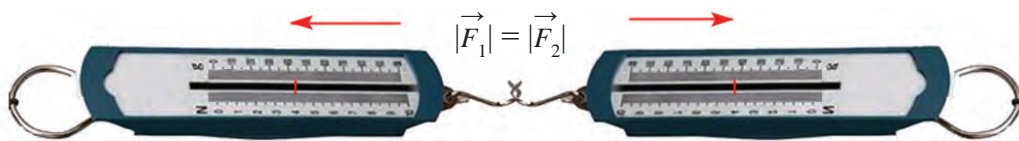
Tabiatda hech qachon bir jismning ikkinchi jismga ta'siri bir tomonlama bo'lmay, doimo o'zaro bo'ladi. Bir jism ikkinchi jismga ta'sir etsa, ikkinchi jism ham birinchi jismga ta'sir ko'rsatadi.

20-§ da o'tkazilgan tajribani yana bir bor tahlil qilib ko'raylik. 66-rasmda tasvirlangan aravachalarning massalari o'zaro teng, ya'ni $m_1 = m_2$. Birinchi aravachadagi egilgan plastinka ipi uzib yuborilsa, ikkala aravacha qarama-qarshi tomonga bir xil tezlanish ($\vec{a}_1 = \vec{a}_2$) bilan harakat qila boshlaydi. Demak, ikkala aravachaga bir xil kattalikda, lekin qarama-qarshi yo'nalgan F_1 va F_2 kuchlar ta'sir etmoqda.

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 67-rasmda tasvirlangan tajribani yana bir bor tahlil qilib chiqaylik. Unda ikkinchi aravacha ustiga yuk qo'yish bilan uning massasi oshirilgan va $m_2 > m_1$ deb olingan. Bukilgan plastinkani tortib turgan ip uzib yuborilganida, 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 birinчисinikiga nisbatan necha 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: $m_1 a_1 = m_2 a_2$. Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan $m_1 \cdot a_1 = F_1$ va $m_2 \cdot a_2 = F_2$. Demak, massalari turlicha bo'lishidan qat'iy nazar, aravachalarning bir-biriga ta'sir kuchlari miqdor jihatdan teng bo'ladi, ya'ni:

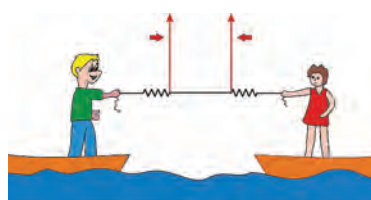
$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (1)$$

Ikkita dinamometrni bir-biriga ulab, ularni qarama-qarshi tomonga tortsak (71-rasm), har ikki dinamometr ko'rsatkichi bir xil ekanligini ko'ramiz. Bu birinchi dinamometr qanday kuch bilan tortilsa, ikkinchisi ham xuddi

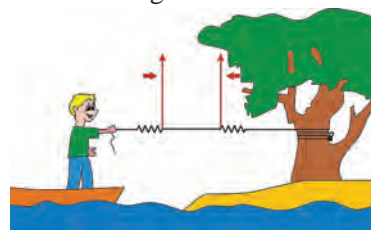


71-rasm. Qarama-qarshi tomonlarga tortilgan dinamometr ko'rsatkichlari tengligi

shunday kuch bilan tortilganligini ko'rsatadi. Tortayotgan kuch miqdori qanday bo'lishidan qat'i nazar, qarama-qarshi tortayotgan kuch miqdoriga teng ekanligini kuzatamiz. Shu bilan birga biz dinamometrlarni qarama-qarshi tomonlarga tortganimiz uchun bu kuchlarni vektor ko'rinishda bir chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalgan kuch ko'rinishida ifodalashimiz kerak bo'ladi. Prujinalari cho'zilishga mo'ljallangan dinamometrlar kabi siqilishga mo'ljallangan dinamometrlarda ham birinchi dinamometr ikkinchisiga qanday kuch bilan ta'sir etayotgan bo'lsa, ikkinchi dinamometr birinchisiga ana shunday kuch bilan ta'sir etayotganligi kuzatiladi. 72-rasmdagi birinchi qayiqchi ikkinchi qayiqchini qanday kuch bilan tortsa, ikkinchi qayiqchi ham birinchi qayiqchini shunday kuch bilan tortadi. Natijada ikkala qayiq ham bir-biri tomon harakatlanadi. Agar qayiqchi boshqa qayiqni emas, qirg'oqdagi daraxtni tortsa, o'zi daraxtga shunday kuch bilan tortiladi (73-rasm). Xuddi shunday, 66-va 67-rasmlarda tasvirlangan aravachalarga ta'sir etayotgan kuchlar ham o'zaro teng bo'lsa-da, ular bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan. Bu qonuniyat barcha ta'sirlashuvchi jismlar uchun o'rinalidir. Shuning uchun aravachalarga ta'sir etayotgan kuchlarning vektor ko'rinishidagi munosabatlarini quyidagicha ifodalash mumkin:



72-rasm. Ikki qayiqning bir biriga tortilishi



73-rasm. Qayiqning daraxt tomonga tortilishi

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

bunda minus ishora vektor bo'lgan \vec{F}_2 kuch \vec{F}_1 kuchga qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi (bu kuchlar bir to'g'ri chiziq bo'yicha yo'nalganligini esdan chiqarmaslik kerak).

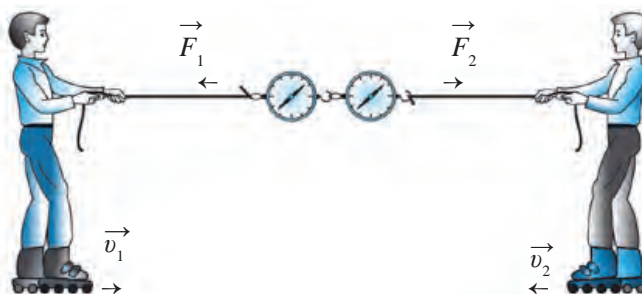


O'zaro ta'sirlashuvchi ikki jism bir-biriga miqdor jihatdan teng va bir to'g'ri chiziq bo'yicha qarama-qarshi tomonlarga yo'nalgan kuchlar bilan ta'sirlashadi.

Bu qonun *Nyutonning uchinchi qonuni* deb ataladi.

O'zaro ta'sirlashuvchi ikki kuchdan biri *ta'sir kuchi*, ikkinchisi esa *aks ta'sir kuchi* deyiladi. Nyutonning uchinchi qonuni esa *aks ta'sir qonuni* deb ham yuritiladi.

Dinamika asoslari

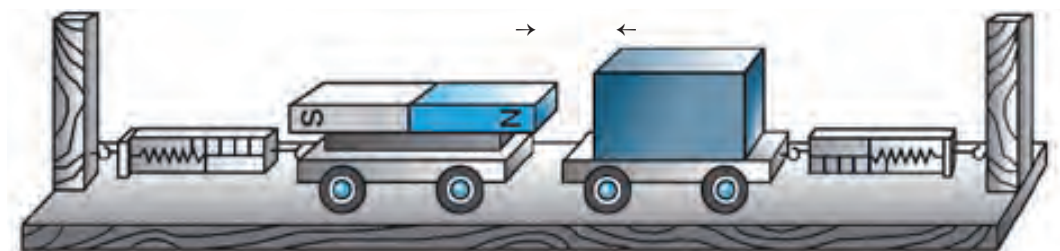


74-rasm. Aks ta'sir kuchining namoyon bo'lishi

Aks ta'sir qonunining namoyon bo'lishiga ko'p misollar keltirish mumkin. Masalan, rolik ustida arqon bilan bir-birini tortayotgan ikkita boladan biri ikkinchisini qanday kuch bilan tortsa, o'zi ham ikkinchi bolaga shuncha aks ta'sir kuchi bilan tortiladi (74-rasm).

Silliq yo'lakka o'rnatilgan ikkita aravachaning biriga magnit o'zak, ikkinchisiga temir bo'lagi o'rnatilgan bo'lsin (75-rasm). Ularga ta'sir etayotgan kuchlarni har bir aravachaga mahkamlangan dinamometr o'lchaydi. Agar aravachalar bir-biriga yaqinlashtirilsa, magnit o'zak temir bo'lakni o'ziga tortadi. Aravachalar muvozanatga kelganida ular ortidagi dinamometrlar ko'rsatkichlari bir xil ekanligini ko'ramiz. Aravachalar orasidagi masofani o'zgartirib, ta'sir etayotgan kuchlar kattaligini o'zgartirish mumkin. Lekin baribir birinchi aravacha ikkinchisini qanday kuch bilan tortsa, ikkinchisi ham birinчисini xuddi shunday kuch bilan tortayotganligining guvohi bo'lamiz. Uchlari tayanchga qo'yilgan taxta ustida turgan bola taxtaga o'z og'irligi bilan ta'sir etib, uni egadi. O'z navbatida, taxta bolaga ham xuddi shunday kattalikdagi kuch bilan ta'sir etadi. Bolaning og'irligi pastga yo'nalgan bo'lsa, taxtaning bolaga aks ta'sir kuchi yuqoriga yo'nalgandir. Devorni 300 N kuch bilan itarsangiz, devor ham sizga 300 N kuch bilan aks ta'sir etadi.

Kuchlarning $F_1 = m_1 a_1$ va $F_2 = m_2 a_2$ ifodalarini Nyutonning uchinchi qonuni formulasiga qo'yib, quyidagi tengliklarni hosil qilamiz:



75-rasm. Temirning magnitga tortilishi

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



O‘zaro ta’sirlashgan ikki jismning tezlanishlari ularning massalariga teskari proporsional bo‘lib, o‘zaro qarama-qarshi yo‘nalganidir.

Bunga misol tariqasida 67-rasmda tasvirlangan massalari turlicha bo‘lgan aravachalar harakatini 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’sir tufayli olgan tezliklari ular massalariga teskari proporsional bo‘lib, o‘zaro qarama-qarshi yo‘nalganidir.

Masalan, bola tinch turgan qayiqdan qirg‘oqqa sakraganida, 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. Shuni yodda tutish kerakki, ta’sir va aks ta’sir kuchlarining har biri turli jismlarga qo‘yilgan. Agar biror kuch namoyon bo‘lsa, yana qayerdadir unga miqdor jihatdan teng, ammo qarama-qarshi yo‘nalgan kuch, albatta, mavjud 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?

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m_1 = 50 \text{ kg};$ $m_2 = 200 \text{ kg};$ $v_1 = 10 \text{ m/s};$ $t = 0,5 \text{ s}.$	$\left. \begin{aligned} \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \text{ dan } v_2 &= v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2}; \\ a_1 &= \frac{v_1}{t}; \\ a_2 &= \frac{v_2}{t}. \end{aligned} \right\}$	$v_2 = 10 \cdot \frac{50 \text{ m}}{200 \text{ s}} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}};$ $a_1 = \frac{10 \text{ m}}{0,5 \text{ s}^2} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$ $a_2 = \frac{2,5 \text{ m}}{0,5 \text{ s}^2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$
<hr style="width: 100%;"/> <p><i>Topish kerak:</i></p> $v_2 = ?$ $a_1 = ?$ $a_2 = ?$		<p><i>Javob:</i> $v_2 = 2,5 \text{ m/s}; a_1 = 20 \text{ m/s}^2; a_2 = 5 \text{ m/s}^2.$</p>



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



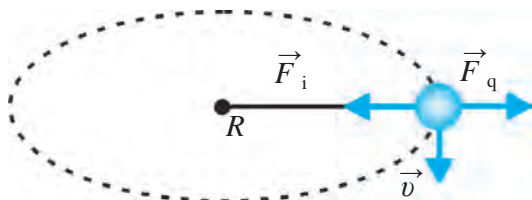
1. Uchayotgan havo shari va qo'limiz orasidagi ipga kichik bir yuk osilgan bo'lsa, bu ip bo'yicha uchta kuch ta'sir etmoqda: shar ipni yuqoriga tortadi; yukning og'irlik kuchi uni pastga tortadi; barmog'imiz ipni gorizontal yo'nalishda tortadi. Bu ta'sir kuchlariga aks ta'sir kuchlarini topib, chizmada ko'rsating.



1. Baliqchilik havzasida ikkita bir xil qayiq qirg'oqqa tomon suzib kelmoqda. Ulardan biri arqon bilan qirg'oqqa mahkamlangan. Birinchi qayiqdan qirg'oqqa tashlangan arqonni qirg'oqda turgan va qayiqdagi baliqchi tortishmoqda. Qirg'oqqa mahkamlangan ikkinchi qayiqdagi baliqchi ham o'z arqonini tortmoqda. Agar ular bir xil kuch sarflayotgan bo'lishsa, qaysi qayiq qirg'oqqa birinchi bo'lib yetib keladi?
2. Dinamometrning ikki uchidan ikkita ot tortmoqda. Ularning har biri uni 100 N kuch bilan tortmoqda. Dinamometr necha N kuchni ko'rsatadi?
3. Aravachada turgan bola devorga mahkamlangan arqonni 80 N kuch bilan tortganda, aravacha 1 s ichida 2 m/s tezlik oldi. Bolaning aravacha bilan birgalikdagi massasi va tezlanishini toping.
4. Tinch turgan jismga 5 N kuch ta'sir etganda, u 1 m/s² tezlanish oldi. Shu jism 4 m/s² tezlanish olishi uchun unga qanday kattalikdagi kuch ta'sir etishi kerak?

23-§. HARAKAT QONUNLARINING AYLANMA HARAKATGA TATBIQI

Markazga intilma kuch



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

edik. m massali sharcha R uzunlikdagi ipga bog'langan holda v chiziqli tezlik bilan aylantirilayotgan bo'lsin (76-rasm), bunda sharcha olgan a_1 markazga intilma tezlanishi quyidagicha ifodalanishini bilamiz:

Aylana bo'ylab bir xil tezlikda harakat qilayotgan jismning chiziqli tezligi turli vaqtda turli yo'nalishga ega bo'lganligi sababli jism tezlanishga ega bo'ladi. Bunday tezlanishni markazga intilma tezlanish (a_1) deb atagan

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

Jism harakatidagi har qanday tezlanishni faqat kuch yuzaga keltiradi. Aylanma harakatda tezlanish qanday kuch ta'sirida sodir bo'ladi?

Aylanma harakatda tezlanish jismning aylanish markaziga yo'nalganligini bilamiz. Aylanma harakatda jismga ta'sir etayotgan kuch ham tezlanish yo'nalishida, ya'ni aylanish markaziga intilgan bo'ladi. Demak, jism aylanma harakat qilishi uchun unga doimo aylana markaziga yo'nalgan kuch ta'sir etib turishi kerak ekan. Agar bu kuch bo'lmasa, jism yana to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom ettiradi. Jismni aylanma harakat qildiruvchi kuch markazga intilma kuch deb ataladi va uni F_i bilan belgilaymiz. Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan $F_i = ma_i$ ekanligidan:

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



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 aylantirganimizda biz unga ip orqali ta'sir etamiz (76-rasm). Ip sharchani F_i kuch bilan markazga tortib turadi. Sharchaning chiziqli tezligi v aylanaga urinma, ya'ni markazga intilma kuchga perpendikulyar ravishda yo'nalgan bo'ladi.

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:

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

Markazdan qochma kuch formulasi markazga intilma kuch formulasi bilan bir xil, lekin ular qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Ya'ni:

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

Dinamika asoslari

Chelakchanning yarmigacha suv solib, uni boshimiz uzra tez aylantirganimizda, suv to'kilmaydi. Aylanma harakat qilayotgan chelakcha va suvga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch tufayli suv aylana markazidan qochadi, ya'ni idish tubiga qarab harakat qiladi, buning natijasida u to'kilmaydi. Markazdan qochma kuchning mavjudligidan turmushda foydalaniladi. Masalan, yuvilgan kiyim maxsus quritish barabaniga solinib, katta tezlik bilan aylantiriladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida kiyimdagi suv zarrachalari barabanning to'rt shaklidagi devorlaridan otilib chiqib, kiyim quriydi. Shuningdek, sut separatori yordamida sutdan qaymoq ajratib olinadi. Bunda separator barabani katta tezlikda aylanishi natijasida uning ichidagi sut ikki qismga ajraladi. Markazdan qochma kuch ta'sirida og'ir yog'siz sut chiqib ketadi va maxsus idishga yig'iladi. Baraban markazida esa yog'li yengil sut (qaymoq) qoladi.



Tayanch tushunchalar: markazga intilma kuch, markazdan qochma kuch.



1. Poyezd harakatida xavfsizlik choralari ko'rish uchun yo'ning burilish joylarida relslarini qanday o'rnatish kerak?
2. Sirkda aylana bo'yicha o'rnatilgan devor ichida mototsiklchi harakat boshlab, asta-sekin devorga chiqa boshlaydi. U devordan qulab tushmasligining sababi nimada?



1. Massasi 20 g bo'lgan sharcha 25 sm uzunlikdagi ipga bog'lab aylantirilmogda. 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.

24-§. ELASTIKLIK KUCHI

Deformatsiya

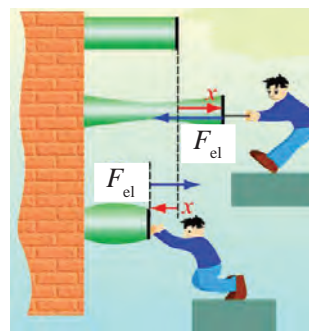
Agar jismga tashqi kuch ta'sir etsa, jismni tashkil etgan zarralar bir-biriga nisbatan siljishi va ular orasidagi masofa o'zgarishi mumkin. Natijada zarrachalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari (tortish va itarish)ning

muvozanati buziladi. Agar kuch ta'sirida ular orasidagi masofa ortgan bo'lsa, tortishish kuchlari ustunlik qiladi.

Va aksincha, masofa kamaygan bo'lsa, itarish kuchlari ustunlik qiladi. Natijada jismning turli nuqtalarida noldan farqli ichki kuchlar paydo bo'ladi. Ichki kuchlar yig'indisi Nyutonning uchinchi qonuniga asosan tashqi qo'yilgan kuchga teng va unga qarama-qarshi yo'nalgandir (77-rasm).

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'zilishi, siqilishi, buralishi yoki egilishi mumkin.



77-rasm. Jismning cho'zilishi va siqilishi



Deformatsiya deb tashqi kuch ta'sirida jismlar shakli va o'lchamining o'zgarishiga aytiladi.

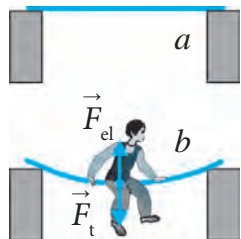
Deformatsiyalar elastik va plastik deformatsiyalarga bo'linadi. Tashqi kuch ta'siri to'xtagandan keyin jismning o'zgargan shakli va o'lchami avvalgi holatiga qaytsa, bunday deformatsiya **elastik deformatsiya** bo'ladi. Masalan, cho'zilgan rezina yoki prujina tashqi ta'sir to'xtatilgandan keyin o'z holatiga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

Hamma jismlar ham o'z shaklini qayta tiklamaydi. Ta'sir etayotgan tashqi kuch to'xtaganda jismning shakli va o'lchami tiklanmasa, bunday deformatsiya **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.

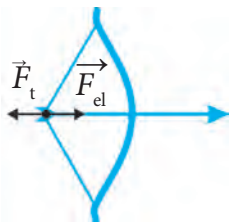
Elastiklik kuchining namoyon bo'lishi

78-a rasmda ikki tayanchga gorizontol holatda qo'yilgan yupqa taxta tasvirlangan. Agar taxta o'rtasiga bola o'tirsa, taxta pastga egilib to'xtaydi (78-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 F_t desak, taxtaning egilishiga qarshilik qilayotgan ichki kuch elastiklik kuchi F_{el} bo'ladi. F_{el} kuch F_t kuchga

Dinamika asoslari



78-rasm. Taxtaning egilishi



79-rasm.

Kamonning egilishi

qarama-qarshi yoʻnalganligi uchun ular miqdor jihatdan tenglashganda, taxta egilishdan toʻxtaydi. Bunda Nyutonning uchinchi qonuni oʻrinli boʻladi:

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

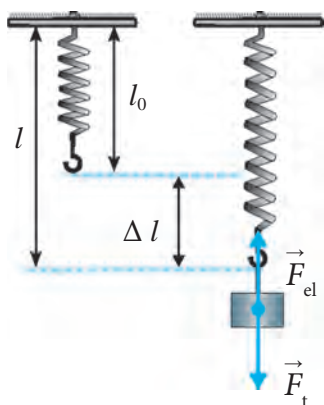


Deformatsiyalangan jismda vujudga kelib, tashqi kuchga qarshilik koʻrsatadigan va unga qarama-qarshi yoʻnalgan kuch elastiklik kuchi deb ataladi.

Kamon ipi tarang tortilganida (79-rasm), rezina, prujina choʻzilganida yoki siqilganida, F_t kuchga qarshi F_{el} kuch namoyon boʻladi.

Guk qonuni

Tayanchga mahkamlangan l_0 uzunlikdagi prujinaga m massali yuk osaylik. Unga taʼsir etuvchi F_t ogʻirlik kuchi pastga yoʻnalgan boʻladi. Prujina deformatsiyalanishi natijasida F_t ga qarama-qarshi yoʻnalgan F_{el} kuch yuzaga keladi (80-rasm). Natijada prujina Δl ga choʻziladi: $\Delta l = l - l_0$.



80-rasm. Pujinaning choʻzilishi

Bunga prujinaning absolyut uzayishi yoki absolyut deformatsiya deyiladi. F_{el} elastiklik kuchi F_t ogʻirlik kuchga tenglashganida, prujina choʻzilishdan toʻxtaydi. Prujinaga taʼsir etuvchi kuchni oshirib borsak, absolyut deformatsiya ham proporsional ortib boradi (81-rasm). Demak, elastiklik kuchi absolyut uzayishga toʻgʻri proporsional ekan, yaʼni:

$$\vec{F}_{el} \sim \vec{\Delta l} \text{ yoki } \vec{F}_{el} = -k \vec{\Delta l}. \quad (2)$$

Bunda k – elastiklik kuchi va absolyut uzayishini bogʻlovchi koeffitsiyenti boʻlib, deformatsiyalanayotgan prujinaning **bikirligi** deb ataladi. (2) formula-da minus ishorasining qoʻyilishiga sabab elastiklik kuchi va absolyut uzayishning qarama-qarshi yoʻnalishga ega ekanligidir. Bu formuladan k ni topsak:

$$k = \frac{F_{el}}{\Delta l}. \quad (3)$$

Xalqaro birliklar sistemasida prujina bikirligi-ning birligi – N/m.

(2) formula quyidagicha ta'riflanadi:



Elastiklik kuchi tashqi kuch ta'siridagi deformatsiya kattaligiga to'g'ri proporsional.

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

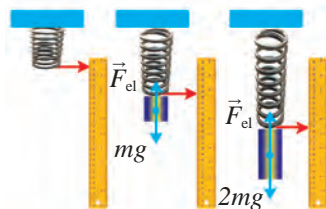
Jism (prujina, sim)ning bikirligi k qancha katta bo'lsa, uni cho'zish yoki siqish, ya'ni deformatsiyalash shuncha qiyin kechadi. Bikirlik koeffitsiyenti turli jismlar uchun turlicha qiymatga ega. Uzunligi l , ko'ndalang kesim yuzasi S bo'lgan sterjenning bikirligi – k quyidagicha ifodalanadi:

$$k = E \frac{S}{l}. \quad (4)$$

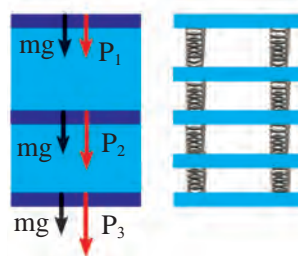
Bunda E – sterjen yasalgan moddaning elastiklik moduli (Yung moduli) deb ataladi, u turli moddalar uchun turlicha bo'ladi.

Prujina F_t tashqi kuch ta'sirida siqilganida, u Δl ga qisqaradi. Kuch ortib borishi bilan Δl ham proporsional ravishda oshib boradi (82-rasm), ya'ni Guk qonuni o'rinli bo'ladi. Kundalik turmushimizda cho'zilish va siqilish deformatsiyalaridan tashqari egilish (83-rasm), siljish (84-rasm) va buralish (85-rasm) deformatsiyalarini ham kuzatishimiz mumkin.

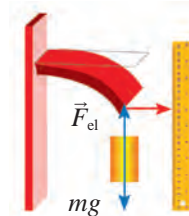
Guk qonunining bajarilishi kichik deformatsiyalar uchun o'rinli. Elastik deformatsiyaning tashqi kuchga bog'liqligi grafigi (86-rasm) tashqi kuchning ma'lum qiymatigacha koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lib, unda Guk qonuni bajariladi.



81-rasm. Deformatsiyaning ta'sir etuvchi kuchga bog'liqligi



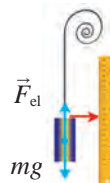
82-rasm. Siqilish deformatsiyasining ta'sir etuvchi kuchga bog'liqligi



83-rasm. Egilish deformatsiyasi



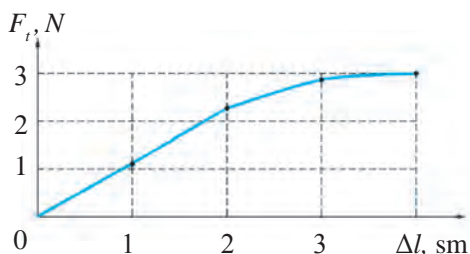
84-rasm. Siljish deformatsiyasi



85-rasm. Buralish deformatsiyasi



Guk qonuni to'g'ri bajariladigan tashqi kuchning chegarasi elastiklik chegarasi deb ataladi.



86-rasm. Absolyut deformatsiyaning tashqi kuchga bog'liqligi grafiqi

86-rasmda elastiklik chegarasi 2,3 N ga teng. Katta deformatsiyalar uchun deformatsiya va kuch orasidagi bog'lanish ancha murakkab ko'rinishga ega bo'lib, kuch ortib borishi bilan plastik deformatsiyaning ta'siri ortib boradi. Bunda deformatsiyalangan jismlar kuch ta'siri to'xtaganidan so'ng o'z shaklini qaytib to'liq tiklamaydi.

Masala yechish namunasi

Osmaga mahkamlangan simga og'irligi 300 N bo'lgan jism osilgan. Jismning og'irlik kuchi 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:

$$F_t = k \cdot \Delta l;$$

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

Yechilishi:

$$k = \frac{300 \text{ N}}{0,0005 \text{ m}} = 600\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}} =$$

$$= 6 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

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



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



1. Qanday kuchlar tenglashganida jism deformatsiyalanishdan to'xtaydi?
2. Elastik deformatsiyaga oid qanday misollarni bilasiz?



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 cho'ziladi?
4. Yuk mashinasi yengil avtomobilni tros orqali 1 kN kuch bilan tortsa, tros qanchaga uzayadi? Trosning bikirligi 10⁵ N/m.
5. Berilgan sim bo'lagining bikirligi 2 · 10⁵ N/m ga teng. Shu sim ikkiga bo'linsa, har bir bo'lakning bikirligi qancha?

6. Massasi 200 g bo'lgan yuk osilganida uzunligi 8 mm bo'lgan prujina 12 mm bo'lib qoldi. Uning bikirligini aniqlang.

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. Prujinadan dinamometr yasash uchun shkalasiga millimetrli qog'oz yopishtiring.

2. Dinamometrni shtativga 87-rasmda ko'rsatilganidek mahkamlang.

3. Dinamometr ko'rsatkichining boshlang'ich vaziyatini shkaladagi millimetrli qog'ozga belgilang.

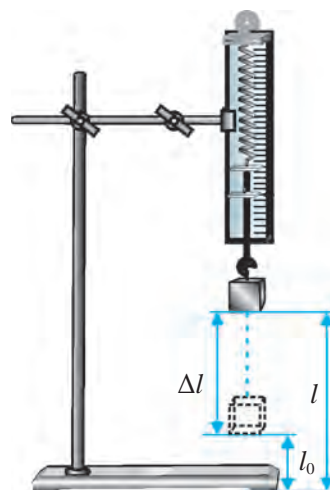
4. Dinamometr ilgagiga m_1 massali yukni iling, uning ta'sirida prujinaning Δl_1 uzayishini o'lchang va natijani jadvalga yozing.

5. Massalari m_2 va m_3 bo'lgan yuk uchun ham prujinaning Δl_2 , Δl_3 cho'zilishlarini o'lchang va natijalarni jadvalga yozing.

6. Dinamometrga 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 prujinalar 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.



87-rasm. Pujina bikirligini aniqlash uchun jihozlar

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

9. $\Delta k_n = |k_{o'rt} - k_n|$ formuladan absolyut xatolikni toping.
10. $\Delta k_{o'rt} = (\Delta k_1 + \Delta k_2 + \Delta k_3)/3$ formuladan absolyut xatolikning o'rtacha qiymatini hisoblang.
11. $\varepsilon = (\Delta k_{o'rt} / k_{o'rt}) \cdot 100\%$ formuladan nisbiy xatolikni toping.
12. Natijalarni tahlil qiling va xulosa chiqaring.

Tajriba o'tkazish davomida quyidagi savollarga javob topishga harakat qiling:

1. Dinamometr shkalasi bo'limining qiymati nimaga teng?
2. Dinamometr shkalasining yuqori chegarasi nimaga teng?
3. Yuk osilgan dinamometrning prujina ko'rsatkichi qayerda turishi kerak?
4. Kuchni o'lchashda dinamometrni qanday o'rnatish kerak?
5. Kuchni o'lchash vaqtida dinamometrning shkalasiga qanday qarash kerak?



1. m_1, m_2, m_3 massali yuk osilgan dinamometr prujinasining 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?

IV BOB BO'YICHA XULOSA

Nyuton qonunlari oddiygina bo'lib ko'ringan ikkita formula: $\vec{F} = m\vec{a}$ va $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ bilan ifodalansa-da, ularda odatdan tashqari darajada ma'no mujassam. Atrofimizda sodir bo'layotgan harakatlar: daryolarda suvning oqishi, Yer yuzida shamol va dovullarning turishi, yo'llarda avtomobillarning betinim yurishi, osmonda samolyotlarning uchishi, kosmik fazoda sayyora, yulduz va galaktika, shuningdek, kosmik kemalar harakatiga razm soling. Bu harakatlar va harakat qilayotgan jismlar bir-biriga sira o'xshamaydi. Ularga ta'sir etuvchi kuchlar ham

turlicha. Biroq bu harakatlarning va harakatda ishtirok etayotgan jismlarning hamma-hammasini shu oddiygina ko‘ringan qonunlar asosida ifodalash mumkin.

Umuman olganda, Nyuton qonunlari mexanikaning har qanday masalasini hal etishga imkon beradi. Agar jismga qo‘yilgan kuch ma’lum bo‘lsa, jismning istalgan paytdagi, trayektoriyaning istalgan nuqtasidagi tezlanishini topish mumkin. Nyuton qonunlari, shuningdek, jismning harakati, ya’ni uning istalgan paytdagi vaziyati ma’lum bo‘lsa, jismga qanday kuch ta’sir etayotganligini aniqlash imkonini beradi.

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. Vagon 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 kuch kattaligini toping.

5. Tekis gorizontal sirtida 100 g massali po‘lat sharcha turibdi. Agar sharcha gorizontal holatda 50 mN kuch bilan turtib yuborilsa, u qanday tezlanish oladi?

6. Tekis gorizontal sirtida 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 2 000 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 ikkita jism to‘qnashdi va ikkalasi ham to‘xtab qoldi. Agar to‘qnashgunga qadar birinchi jism 6 m/s tezlikda harakatlangan bo‘lsa, ikkinchi jism qanday tezlikda harakatlangan?

10. Traktor tirkamani 10 kN kuch bilan tortganda, unga $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish beradi. Tortish kuchi 30 kN bo‘lgan boshqa traktor shu tirkamaga 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?

Dinamika asoslari

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. 13-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 g'ildirigidan 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?

17. Mototsikl sirk arenasida 25 m diametrli aylana bo'ylab 45 km/soat tezlikda harakatlanmoqda. Agar mototsiklga ta'sir etayotgan markazdan qochma kuch 2,5 kN bo'lsa, mototsikl bilan haydovchining birgalikdagi massasi qancha bo'ladi? Bunda mototsikl qanday markazga intilma tezlanish oladi?

18. 2 N kuch ta'sirida 10 sm ga uzaygan rezinaning bikirligini toping.

19. 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.

20. Bikirligi 60 N/m bo'lgan prujinaga yuk osilganda, u 5 sm ga uzaydi. Prujinaga osilgan yuk massasini toping.

21. Bikirligi 10 N/m bo'lgan rezinaga 60 g yuk osilganda, u qanchaga uzayadi?

22. Bir tomoni birlashtirilgan uzunliklari bir xil ikkita prujina bo'sh uchlaridan 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?

23. 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 olmag.



V bob. TASHQI KUCHLAR TA'SIRIDA JISMLARNING HARAKATI

26-§. BUTUN OLAM TORTISHISH QONUNI

Oy va boshqa sayyoralar aylana bo‘ylab deyarli doimiy tezlikda harakat qiladi. Har qanday jism aylanma harakat qilishi uchun unga doimiy kuch ta’sir etib turishi kerak. Agar sayyoralarga bunday kuch ta’sir etmasa, ular to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilishgan bo‘lar edi. Endi dinamika qonunlarini qo‘llab, Oyning Yer atrofida aylanishini ko‘rib chiqaylik. Oy faqat doimiy kuch ta’siridagina aylanma harakat qiladi. Bu kuch Yer tortish kuchi bo‘lib, u Nyutonning II qonuniga asosan: $|F| = m/a$ formula bilan aniqlanadi, ya’ni Oy massasi m qancha katta bo‘lsa, tortishish kuchi ham shuncha katta bo‘ladi: $|F| \sim m$. Nyutonning III qonunidagi aks ta’sirga ko‘ra, Oy ham Yerni shunday kuch bilan tortadi: $|F| = M/a$, ya’ni Yer massasi M qancha katta bo‘lsa, tortishish kuchi ham shuncha katta bo‘ladi: $|F| \sim M$. Agar tortishish kuchi F ham jism massasi m ga, ham Yer massasi M ga proporsional bo‘lsa, demak, bu kuch ularning ko‘paytmasiga ham proporsionaldir:

$$|F| \sim mM. \quad (1)$$

Shu bilan birga, Yer markazidan Yer yuzigacha bo‘lgan masofa Yer markazidan Oygacha bo‘lgan masofadan 60 marta kichik. Jismning Yer ustidagi markazga intilma kuchi esa Oyning orbita bo‘yicha harakatidagi markazga intilma kuchidan 3600 marta katta, ya’ni:

$$|F| \sim 1/r^2. \quad (2).$$

(1) va (2) bog‘lanishlarni umumlashtirib yozsak: $|F| \sim mM/r^2$ yoki:

$$|F| = G \frac{mM}{r^2}, \quad (3)$$

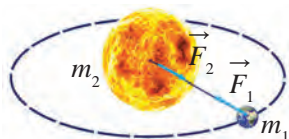
bunda G – proporsionallik koeffitsiyenti.

Nyuton tortishish kuchining bunday tabiati faqat Yer bilan Oy orasidagi tortishishgagina emas, balki Quyosh bilan Yer (88-rasm), boshqa sayyoralar bilan

Dinamika asoslari

Quyosh, atrofimizdagi jismlar bilan Yer orasidagi tortishishga ham tegishli ekanligini kashf etdi. Uning xulosasiga asosan, olamdagi jismlarning o‘zaro tortishish kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (4)$$



88-rasm. Yer va Quyoshning o‘zaro to‘rtishishi

bunda m_1, m_2 – ta’sirlashishayotgan jismlar massalari, r – ular orasidagi masofa (massalar markazidan o‘lchanadi), G – proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, u gravitatsiya doimiylik deb ataladi. (4) formulada F **gravitatsiya tortish kuchini** ifodalaydi.

Bu qonun olamdagi barcha jismlar o‘rtasidagi o‘zaro tortishish kuchini ifodalagani uchun, u **Butun olam tortishish qonuni** deb ataladi. Bu qonun quyidagicha ta’riflanadi:



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

Agar o‘zaro ta’sirlashuvchi jismlar massasi $m_1 = m_2 = 1$ kg va ular orasidagi masofa $r = 1$ m bo‘lsa, (4) formulada F kuchning son qiymati G ga teng: gravitatsiya doimiysi son jihatdan har birining massasi 1 kg va oralaridagi masofa 1 m bo‘lgan ikki jism orasidagi tortishish kuchiga teng. 1798-yilda ingliz olimi Genri Kavendish uning son qiymati quyidagiga tengligini aniqladi:

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

1/1,5 = 0,667 bo‘lgani uchun masalalar yechishda $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

o‘rniga $\frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}^2}{1,5 \cdot 10^{10} \text{ kg}^2}$ qiymatdan ham foydalanish mumkin.

Butun olam tortishish qonuni ta’sirlashayotgan jismlar o‘lchamlari ular orasidagi masofadan juda kichik bo‘lgan hollarda, ya’ni moddiy nuqtalar uchun aniq bajariladi. Shar shaklidagi jismlar uchun ular orasidagi masofa sharlar markazidan o‘lchansa, jismlar orasidagi har qanday masofada ham (4) formula o‘rinli ekanligi ma’lum bo‘ldi. Shuning uchun jismlarni Yerga tortishishini hisoblashda masofani Yerning markaziga nisbatan olish ke-

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

rak. Yerning radiusi 6 400 km bo'lgani uchun jism Yerdan bir necha o'n kilometr ko'tarilganida ham Yerga tortishish kuchi miqdorining o'zgarishi deyarli sezilmaydi. Atrofimizdagi barcha jismlar – mashina, odam, stol-stul, shkaf, hattoki, uylar ham bir-biriga tortishib turadi. Bu kuchlar juda kichikligidan, ular sezilmaydi. Lekin Yer Oyni tortishi natijasida Oy Yer atrofida aylansa, Oy Yerni tortishi natijasida Oy tomonga to'g'ri kelgan dengiz va okean suvining bir necha metrga ko'tarilishi kuzatiladi.

Ipga biror jismni osib qo'ysak, Yer jismni tortishi natijasida jism ipni Yerning markazi tomon tortadi. Bu hodisadan binokorlar uylarni Yerga perpendikulyar ravishda qurishda foydalanadilar.

Yer, Oy va Quyoshga oid ba'zi ma'lumotlar

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

- 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 – $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ kg}$;
- 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.

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

Topish kerak:

$F = ?$

Javob: $F \approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ N}.$



Tayanch tushunchalar: butun olam tortishish qonuni, gravitatsiya tortishish kuchi, gravitatsiya doimiysi.

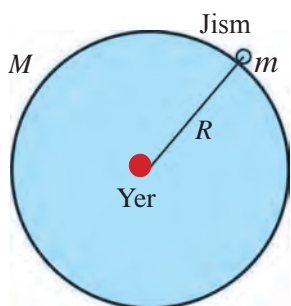


1. Massangizni, Yerning massasi va radiusini bilgan holda o'zingiz Yerga qanday kuch bilan tortishishingizni hisoblang. O'zingiz bilan Yer orasidagi masofani Yerning radiusiga teng deb oling.
2. Tortishish kuchi ta'siri bilan tushuntiriladigan, Yerdan ro'y beradigan hodisalarga misollar keltiring.



1. Yer bilan Oy orasidagi tortishish kuchini toping.
2. Har birining massasi 50 kg dan bo'lgan ikkita bola bir-biridan 10 m masofada turibdi. Bolalar butun olam tortishish qonuni bo'yicha bir-biriga qanday kuch bilan tortishishadi?
3. Har birining massasi 3,5 tonna bo'lgan Yerning ikkita sun'iy yo'ldoshi bir-biriga 100 m yaqin kelishdi. Ularning o'zaro tortishish kuchini hisoblang.

27-§. OG'IRLIK KUCHI



89-rasm. Yer va uning sirtidagi jismning o'zaro tortishishi

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

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 (89-rasm):

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

Bunda jism va Yer orasidagi masofa miqdori sifatida Yer sharining radiusi $r = 6,4 \cdot 10^6$ m olinadi. $m = 1$ kg massali jism bilan $M = 6 \cdot 10^{24}$ kg massali Yerning tortishish kuchini topaylik:

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

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. Bu kuchlar o'zaro qa-

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

rama-qarshi yo'nalgandir. Shu bilan birga, 1 kg massali jism 9,8 N kuch bilan Yerga tortilsa, jism bu kuchni sezadi. Massasi juda katta bo'lgan Yer uchun 9,8 N kuch ta'siri sezilmaydi. Demak, bunday holatlarda biz faqat Yerdagi jismlarning Yerga tortilishi haqida gapirishimiz mumkin.

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?

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

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

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.

Jismni Yerga tortib turuvchi kuchni **og'irlik kuchi** deb ataymiz va $F_{og'}$ tarzida belgilaymiz. Nyutonning ikkinchi qonuni formulasidagi a tezlanishni g erkin tushish tezlanishi 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 kg hisobida olingan jism massasidan N hisobida olingan og'irlik kuchi Yer sirtida 9,8 marta katta ekanligini ko'rsatadi.

Masala yechish namunasi

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

Dinamika asoslari

Berilgan:	Formulasi:	Yechilishi:
$m = 10\ t = 10\ 000\ \text{kg};$ $g = 9,8\ \text{m/s}^2.$	$F_{\text{og}'} = mg.$	$F_{\text{og}'} = 10\ 000\ \text{kg} \cdot 9,8\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} =$ $= 98\ 000\ \text{N} = 98\ \text{kN}.$
Topish kerak: $F_{\text{og}'} - ?$		Javob: $F_{\text{og}'} = 98\ \text{kN};$ mashina ko'prikkam ham 98 kN kuch bilan ta'sir etadi.



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

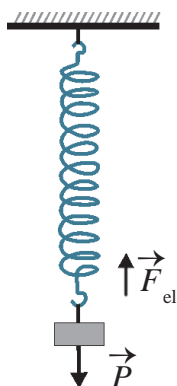


1. Butun olam tortishish qonuniga binoan Yer sirtidagi m massali jism va Yer orasidagi o'zaro tortishish kuchi formulasi qanday ifodalanadi?
2. Butun olam tortishish qonuni va Nyutonning ikkinchi qonuni formulalari asosida erkin tushish tezlanishining qiymati qanday topiladi?



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



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

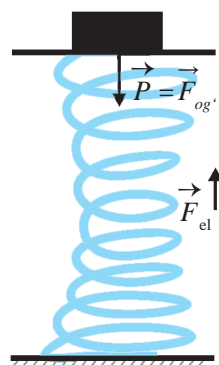
Fizikada og'irlik kuchidan tashqari og'irlik degan tushuncha ham mavjud. Jism og'irligi mohiyatini tushunib olish uchun quyidagi tajribalarni o'tkazaylik.

1-tajriba. Osmaga mahkamlangan prujinaga m massali jism osaylik. Jismga pastga yo'nalgan $F_{\text{og}'} = mg$ og'irlik kuchi ta'sir qiladi. Shu kuch ta'sirida prujina cho'ziladi, ya'ni deformatsiyalanadi. Buning natijasida F_{el} elastiklik kuchi vujudga keladi (90-rasm).

$F_{\text{og}'}.$ og'irlik kuchi ta'sirida prujina cho'zila boshlagan sari, prujinaning avvalgi holatini saqlashga intiluvchi yuqoriga yo'nalgan F_{el} elastiklik kuchi orta boradi. Ma'lum uzunlikka cho'zilganidan keyin F_{el} elastiklik kuchi miqdor jihatdan $F_{\text{og}'}.$ 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 siqila boshlaydi, ya'ni deformatsiyalanadi. Natijada, F_{el} elastiklik kuchi namoyon bo'la boshlaydi. Elastiklik kuchi ortib, jismning og'irlik kuchiga miqdor jihatdan tenglashganda prujinaning siqilishi to'xtaydi va jism tinch holatga o'tadi. Jismning tinch holatida tayanchga F_{og} og'irlik kuchiga teng bo'lgan kuch ta'sir etadi (91-rasm). Bu kuch prujina ustidagi tayanchga qo'yilgan jismning og'irligidir.



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

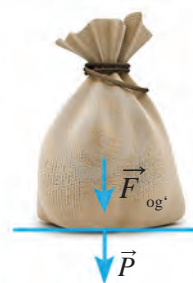


Yerga tortilishi tufayli jismning tayanchga yoki osmaga ta'sir etadigan kuchi jismning og'irligi deb ataladi va P harfi bilan belgilanadi.

Yuqoridagi tajribalarda jism muvozanat holatga kelganda jismning P og'irliги 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 esa jismning tayanchga (92-rasm) yoki osmaga (90-rasm) ko'rsatayotgan ta'sir kuchi. Ikkinchidan, og'irlik kuchi jismning vertikal yo'nalishdagi tezlanishiga bog'liq emas, ya'ni ma'lum bir joy uchun o'zgarmasdir. Og'irlik esa jism faqat tinch holatda turganda yoki vertikal tekis harakatda gina o'zgarmasdir.



92-rasm. Jismning tayanchga ta'sir kuchi

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

Dinamika asoslari

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'zgaradi. Prujina cho'zilib bo'lgach, ya'ni jism muvozanat holatga kelganida, uning 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 tarozida mahsulot tinch holatda, ya'ni muvozanat holatida 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. 1. Dinamometrغا osilgan yukning massasi qancha? 2. Muvozanat holatda dinamometr prujinasining elastiklik kuchi qancha bo'ladi? 3. Yukning og'irligi-chi? 4. Dinamometr yordamida yukning massasini o'lchash mumkinmi?

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$F_{og'} = 10 \text{ N};$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2.$	$F_{og'} = mg; \quad m = \frac{F_{og'}}{g}.$	$m = \frac{10}{9,8} \approx 1 \text{ kg}.$
<hr style="width: 100%;"/> <i>Topish kerak:</i> $m = ? \quad F_{el} - ? \quad F_{og'} = ?$	<i>Javob:</i> 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 shkalasi kilogramm va grammlarda darajalangan bo'lib, o'lchash jarayonida dinamometr prujinasi muvozanat holatida bo'lishi zarur.	



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



1. Jism massasi va og'irligi tushunchalari orasida qanday farq bor? Biz shayinli tarozida jism massasini o'lchaymizmi yoki og'irliginimi? Og'irlikning og'irlik kuchidan farqi nimada?
2. Ko'tarish kranining trosiga massasi 2 t bo'lgan yukli konteyner osilgan. Konteynerga ta'sir etayotgan kuchni o'zingiz masshtabda grafik tarzida tasvirlang.

M
19

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 holatida jismning og'irligi nimaga teng bo'ladi?
3. Qo'zg'almas holatdagi dinamometrغا 200 g yuk osildi. Muvozanat holatida 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

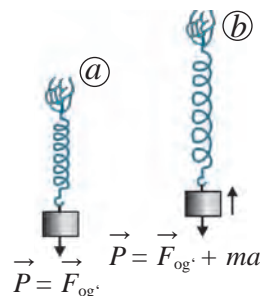
Prujinaga m massali jism osib, uni tinch holatda ushlab turaylik. Muvozanat holati tiklanganda jismning og'irligi:

$$\vec{P} = \vec{F}_{og}, \text{ yoki } \vec{P} = mg \quad (1)$$

bo'ladi (93-a rasm).

Agar prujinani keskin yuqoriga harakatlantirsak, uning muvozanat holatidagiga nisbatan cho'zilganligini ko'ramiz (93-b rasm). Demak, yuqoriga yo'nalgan tezlanishda yukimizning og'irligi ortadi. Buning sababini Nyutonning ikkinchi qonuni yordamida tushuntirish mumkin. Yuk yuqoriga a tezlanish bilan harakatlantirilganida, prujinaga og'irlik kuchidan tashqari qo'shimcha ma kuch ta'sir etadi. Bunda og'irlikning qiymati o'girlik kuchi va qo'shimcha kuch yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\vec{P} = \vec{F}_{og} + ma \text{ yoki } \vec{P} = mg + ma. \quad (2)$$



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



Jism yuqoriga tik yo'nalishda a tezlanish bilan harakatlanganda, uning og'irligi ma miqdorida ortadi. Bu yuklama deb ataladi.

(2) va (1) formulalardagi og'irliklar nisbati $n = (g + a)/g$ ga teng bo'lib, yuklamani hosil qiladi. Bu formula yordamida yuklama miqdorini hisoblash mumkin. Demak, yukning o'z ostidagi tayanchga ta'sir etayotgan og'irligining miqdori og'irlik kuchidan tashqari yukning tezlanishi bor yoki yo'qligiga ham bog'liq ekan. Jism og'irligi bilan og'irlik kuchi

Dinamika asoslari

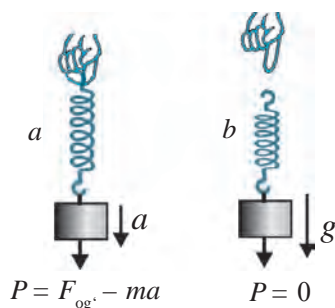


ayirmasi noldan farqli bo'lishining sababi uning tezlanishga ega ekanligidir.

Hayotimizda yuklamaning namoyon bo'lishini ko'p uchratganmiz. Masalan, tinch holatdagi lift ko'tarila boshlaganida, u a tezlanish oladi. Bunda uning ichida turgan odam lift poliga odatdagidan ma ga ko'p kuch bilan bosadi (94-rasm). Raketa katta tezlanish bilan uchirilganda, uning ichidagi kosmonavt katta yuklamaga dosh berishi kerak.

94-rasm. Liftning tezlanishli harakati

Vaznsizlik



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

Endi prujinani yuki bilan birgalikda keskin pastga harakatlantiraylik. Bu harakat boshlanganida ma'lum uzunlikka cho'zilib, muvozanat holatida turgan prujina siqiladi (95-a rasm).

Bir zumda prujinaning elastiklik kuchi jismning og'irligi bilan muvozanatga keladi va jism ham pastga a tezlanish bilan harakatlana boshlaydi.

Prujina cho'zilishining kamayishi esa jism og'irligi kamayganligini ko'rsatadi. Bunda og'irlik ma ga kamayadi:

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



Jism pastga tik yo'nalishda a tezlanish bilan harakatlanganda, uning og'irligi ma miqdorida kamayadi.

Tinch holatda turgan lift pastga harakatlana boshlaganda, u a tezlanish oladi. Bu paytda uning ichidagi odam og'irligi ma ga yengillashadi.

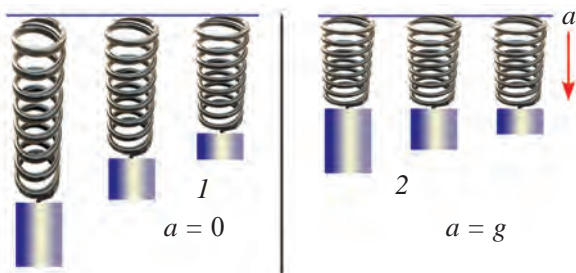
Yuk osilgan prujinani qo'yib yuborsak, prujina qisqarib, yuk $a = g$ tezlanish bilan pastga harakatlanadi. Bunda prujinaning shkalasi unga osilgan jismning og'irligi 0 ga tengligini, ya'ni vaznsizlik holatini ko'rsatadi (95-b rasm):

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

Ta'kidlash joizki, jismning og'irligi – bu Yerga tortilishi tufayli jismning tezlanishi $a = 0$ bo'lganidagi tayanchga yoki osmaga ta'sir etadigan

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

kuchidir (96-a rasm). Erkin tushayotgan jism ($a = g$ da) esa tayanchga yoki osmaga ta'sir etmaydi, ya'ni jism og'irligi nolga teng bo'ladi (95-b rasm). Chunki bunda tayanch ham, osma ham jism bilan birga tushib boradi. Ammo og'irlik kuchi nolga teng emas, chunki ular aynan shu kuch ta'sirida pastga tushib borishadi. Demak, Yer yuziga erkin tushayotgan jism vaznsizlik holatida bo'ladi. Jismlarning erkin tushishida unga faqat og'irlik kuchi – butun olam tortishish kuchi ta'sir etadi. Koinotdagi barcha jismlar Yer, Oy, Quyosh, sayyoralar, yulduzlar va boshqa osmon jismlari ta'sirida bo'ladi. Shuning uchun vaznsizlik holatini quyidagicha ta'riflash mumkin:



96-rasm. Tezlanish $a = 0$ (1) va $a = g$ (2) bo'lganida prujinaning cho'zilishi



Faqat butun olam tortishish kuchi 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 (97-rasm). Bu holatda kosmonavtning og'irligi nolga teng bo'ladi.



97-rasm. Vaznsizlik holatidagi kosmonavtlar

Tez kelayotgan avtomobil birdaniga pastlikka qarab yura boshlaganida vaznsizlik holatini sezamiz. Istirohat bog'laridagi «yurakni shuvullatuvchi» attraksionlarda yuklama va vaznsizlik hodisalarning guvohi bo'lishimiz mumkin.

Bunda attraksion qatnashchilari yuqoriga keskin ko'tarilish boshlanishi bilan qo'shimcha kuch ta'sir etayotganligini, o'rindiqqa kattaroq og'irlik bilan bosim bo'layotganligini, ya'ni yuklamani sezadilar. Pastga tomon keskin tushishda esa erkin tushish tezlanishi bilan harakat qilishni boshlagan qatnashchilar vaznsizlikni his qiladilar.

Masala yechish namunasi

Polvon yerda turgan 64 kg massali toshni dast ko'tardi. Bunda tosh

Dinamika asoslari

2,7 m/s² tezlanish oldi. Jismning og'irlilik kuchini toping. Toshni yerdan ko'tarish paytida uning og'irligi qancha bo'lgan?

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m = 64 \text{ kg};$	$F_{\text{og}'} = mg;$	$F_{\text{og}'} = 64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \approx 630 \text{ N};$
$a = 2,7 \text{ m/s}^2;$	$P = mg + ma;$	$P = 64 \text{ kg} \cdot (9,8 + 2,7) \text{ m/s}^2 = 800 \text{ N}.$
$g = 9,8 \text{ m/s}^2.$	$P = m(g + a).$	
<i>Topish kerak:</i>		<i>Javob:</i> $F_{\text{og}'} \approx 630 \text{ N}; P = 800 \text{ N}.$
$F_{\text{og}'} = ? P = ?$		



Tayanch tushunchalar: yuklama, jismning vaznsizlik holati.



1. Agar jism gorizontal yo'nalishda tezlanish bilan harakat qilsa, uning og'irligi o'zgaradimi?
2. Yerga qo'nayotgan kosmik kema tormozlanganda, fazogirning og'irligi qanday o'zgaradi?



1. Har birining massasi 400 g dan bo'lgan ikkita kitob ustma-ust qo'yilib, birgalikda 5 m/s² tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilmoqda. Ustidagi kitob ostidagi kitobga qanday og'irlikda ta'sir ko'rsatadi? Ular shunday tezlanishda yuqoridan pastga tushayotgan bo'lsa-chi?
2. Massasi 500 kg bo'lgan yuk: a) vertikal yuqoriga; b) gorizontal; c) vertikal pastga bir tekisda ko'chmoqda. Bu hollarning har birida yukka ta'sir etuvchi og'irlik kuchi va uning og'irligi nimaga teng?
3. Massasi 3 kg bo'lgan jism tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilib, og'irligi 39 N ga yetdi. Jism qanday tezlanish bilan ko'tarilgan?

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

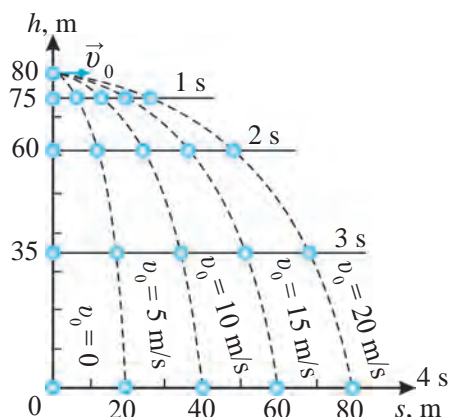
Gorizontal otilgan jismning harakati

Miltiqdan gorizontal yo'nalishda otilgan o'qning, motori o'chib qolgan samolyotning yoki undan tashlab yuborilgan jismlarning harakat trayektoriyasi qanday bo'ladi, ular qayerga borib tushadi, degan savollarga javob topaylik.

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

Faraz qilaylik, jism 80 m balandlikdagi minoradan yerga vertikal yo'nalishda tashlandi. Havoning qarshiligi hisobga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik va $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olsak, $h = gt^2/2$ formula yordamida 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 ko'rish mumkin.

Endi jism baland minoradan v_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontall yo'nalishda otilsin (98-rasm). Bu harakatlar natijasida u minoradan s masofa uzoqlikka borib tushadi. Gorizontall yo'nalishda otilgan jism harakatini tahlil qilib, unda ikkita ajoyib natijani kuzatish mumkin.



98-rasm. Balandlikdan gorizontall yo'nalishda otilgan jismning harakati

Birinchi natija. 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 gorizontall 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 boshlang'ich tezliksiz tashlangan jism yerga qancha vaqtda tushsa, shu balandlikdan gorizontall yo'nalishda otilgan jism ham shuncha vaqtda yerga tushadi.

Ikkinchi natija. Gorizontall 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:

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

98-rasmda ko'rsatilganidek, jism 80 m balandlikdagi minoradan 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s boshlang'ich tezlik bilan gorizontall yo'nalishda otilgan bo'lsa, jism har gal minoradan qancha uzoqlikka borib tushishini hisoblaylik. Bunda $t = 4 \text{ s}$ deb olib, (1) formuladan har bir holat uchun s masofani topamiz:

1) $v_0 = 5 \text{ m/s}$ da $s = 5 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 20 \text{ m}$;

Dinamika asoslari

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

$$3) v_0 = 15 \text{ m/s da } s = 15 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 60 \text{ m};$$

$$4) v_0 = 20 \text{ m/s da } s = 20 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ s} = 80 \text{ m}.$$

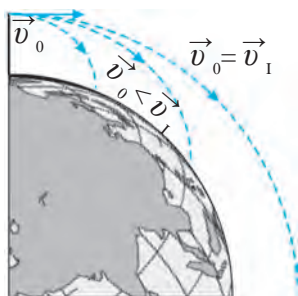
Demak, gorizontol otilgan jism ikki xil harakatda ishtirok etadi, ya'ni gorizontol yo'nalishda to'g'ri chiziqli o'zgarmas tezlikdagi harakatini davom ettiradi hamda Yerning tortish kuchi ta'sirida vertikal yo'nalishda o'zgaruvchan tezlikda erkin tushish tezlanishi bilan pastga erkin tushadi.

Bir vaqtda ham gorizontol, ham vertikal harakat qilayotgan jismning natijaviy tezligi vektorlarning yig'indisi ko'rinishida quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{v} = \vec{v}_g + \vec{v}_v.$$

Bunda v_g – jismning gorizontol yo'nalishdagi tezligi; v_v – jismning vertikal yo'nalishdagi tezligi.

Birinchi kosmik tezlik



99-rasm. Birinchi kosmik tezlikka erishish

Biz gorizontol otilgan jismning harakatini o'rgananimizda Yer sirtini yassi deb oldik. Bilamizki, Yer sharsimon shaklga ega. Yerdan h balandlikdagi jismni v tezlikda gorizontol harakatlantirsak, u og'irlik kuchi ta'sirida ertami-kechmi yerga qaytib tushadi. Jismning boshlang'ich tezligi qanchalik katta bo'lsa, u Yer sirti bo'ylab shuncha uzoqqa borib tushadi. Agar gorizontol otilgan jismning tezligi juda katta bo'lsa, Yer sirtining sfera shaklida ekanligi hisobga olinishi zarur bo'ladi. Jism tezligi ma'lum bir qiymatga yetganida, u yerga yaqinlashish o'rniga, undan uzoqlasha boshlaydi (99-rasm). Natijada bunday tezlikda jism Yerga qaytib tushmaydi va u ma'lum orbita (aylana trayektoriya) bo'ylab v_1 tezlikda Yer sharini aylanib yuradi. Bunday jism **Yerning suniy yo'ldoshi** deb ataladi.

Butun olam tortish qonuni formulasi faqat Yer sirtida emas, Yer sirtidan h balandlikdagi erkin tushish tezlanishining qiymatini ham hisoblash imkoniyatini beradi:

$$g_h = G \frac{M}{(r + h)^2}. \quad (2)$$

Demak, balandlik h ortib borishi bilan erkin tushish tezlanishi kamayar

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

ekan. Ma'lumki, aylanma harakatda jismning markazga intilma tezlanishi $a = v^2/r$ ga teng edi. Agar Yer sirti yaqinida, ya'ni h ning qiymati r dan juda kichik bo'lganida gorizontol otilgan jism Yer sharini v_1 tezlik bilan aylansa, a o'rniga g erkin tushish tezlanishini olish mumkin. U holda:

$$v_1^2 = gr. \quad (3)$$

Erkin tushish tezlanishi $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ va Yer sharining radiusi $r = 6,4 \cdot 10^6$ m ekanligidan, (3) formuladagi tezlik v_1 ni aniqlash mumkin:

$$v_1 \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s} \text{ yoki } v_1 \approx 7,9 \text{ km/s}. \quad (4)$$



Yer sirti yaqinida gorizontol yo'nalish bo'yicha 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 gorizontol 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 harakatning gorizontol 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:

Formulasi:

Yechilishi:

$$\begin{aligned} v_0 &= 15 \text{ m/s}; \\ t &= 2 \text{ s}; h_0 = 1 \text{ m}; \\ g &= 10 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

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

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

$$h_1 = h - h_0;$$

$$h_1 = (20 - 1) \text{ m} = 19 \text{ m};$$

Topish kerak:

$$s = v_0 t.$$

$$s = 15 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s} = 30 \text{ m}.$$

$$h_1 = ? \quad s = ?$$

Javob: $h_1 = 19 \text{ m}; \quad s = 30 \text{ m}.$



Tayanch tushunchalar: gorizontol otilgan jismning harakati, birinchi kosmik tezlik.



1. Quyidagilar uchun erkin tushish tezlanishini hisoblang: Yer ($R = 6400 \text{ km}$, $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$), Mars ($R = 3400 \text{ km}$, $g_0 = 3,6 \text{ m/s}^2$), Venera ($R = 6000 \text{ km}$, $g_0 = 8,4 \text{ m/s}^2$), Oy ($R = 1760 \text{ km}$, $g_0 = 1,7 \text{ m/s}^2$).
2. Massasi va radiusi Yer massasi va radiusidan 2 marta katta bo'lgan sayyora uchun birinchi kosmik tezlikni toping.

Dinamika asoslari



1. Jism minoradan gorizontaal yoʻnalishda 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 gorizontaal yoʻnalishda 12 m/s boshlangʻich tezlik bilan otildi va 60 m masofaga borib yerga tushdi? Jismning yerga tushish vaqtini va minoraning balandligini toping.
3. Avtomobil 80 km/soat, samolyot 900 km/soat tezlik bilan harakatlanmoqda. Ular har birining tezligi birinchi kosmik tezlikdan necha marta kam?

31-§. YERNING SUN'IIY YO'LDOSHLARI

Raketaning Yer atrofida aylanishi uchun zarur boʻlgan tezlik

Agar raketa bir necha kilometr balandlikda birinchi kosmik tezlik bilan uchsa, havoning qarshiligi va ishqalanishi tufayli qiziydi va yonib ketadi. Havosiz boʻshliqdagina 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 aylana harakat qilishi uchun birinchi kosmik tezlik qancha boʻlishi kerak?

Birinchi kosmik tezlikning $v_1^2 = gr$ formulasidagi r oʻrniga $r + h$ masofa qoʻyiladi. Yer sirtidan balandlikka koʻtarilgan sari erkin tushish tezlanishi g ning qiymati kamayib boradi. Yer sirtidan 300 km balandlikda erkin tushish tezlanishi $g = 9,0 \text{ m/s}^2$ boʻladi. Hisoblashlarga koʻra, 300 km balandlikda Yer shari atrofida aylana boʻylab harakat qilish uchun raketaning tezligi 7,7 km/s boʻlishi kerak.



Inson tomonidan fazoga uchirilgan va sunʼiy ravishda Yerning yoʻldoshiga aylantirilgan raketa, kosmik kemalar *Yerning sunʼiy yoʻldoshi* deb ataladi.

Raketa Yerning sunʼiy yoʻldoshiga aylanishi uchun kamida 300 km balandlikka olib chiqiladi. Buning uchun raketaga kamida 7,7 km/s tezlik beriladi.

Sunʼiy yoʻldosh eltuvchi-raketa yordamida kerakli balandlikka chiqariladi. Maʼlum vaqt davomida raketaning tezligi birinchi kosmik tezlikkacha oshirib boriladi va bunda uning yoʻnalishi asta-sekin gorizontaal holatga oʻtadi (100-rasm).

Kosmosning zabt etilishi

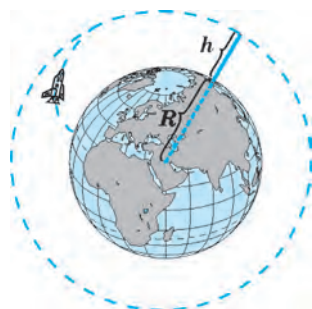
Insoniyat tarixida birinchi marta 1957-yil 4-oktyabrda 83 kg massali raketa quvvatli eltuvchi-raketa yordamida zaruriy balandlikka olib chiqilib, unga birinchi kosmik tezlik berishga erishilgan. Shar shaklidagi bu raketa Yer atrofida aylana boshlagan, ya'ni sun'iy yo'ldoshga aylangan.

1961-yil 12-aprelda birinchi marta inson kosmosga uchdi. Yerdan ko'tarilgan «Vostok» kosmik kemasida 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 astronautlar kosmik kemalarda Yer atrofini orbita bo'ylab aylanib, turli tadqiqotlarni o'tkazdilar.

Kosmosni zabt etishda yana bir buyuk yutuq – 1969-yil 21-iyulda astronautlar N. Armstrong va E. Oldrin boshqargan kosmik kema Oyga yumshoq 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, 1982, 1984, 1985) kosmosga parvoz qilib, orbitada 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, 1981). 1985-yilda unga 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.



100-rasm. Raketaning h balandlikda orbita bo'ylab harakat trayektoriyasi



Kosmonavt Vladimir Jonibekov



Kosmonavt Solijon Sharipov

Dinamika asoslari

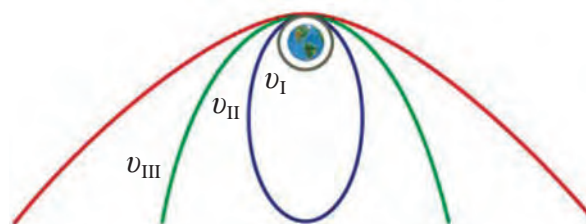
Bu gal u Rossiya kosmik kemasida uchib, uzoq muddat davomida kosmosda tadqiqot ishlarini olib borishda ishtirok etdi.



101-rasm. Yer sun'iy yo'ldoshlaridan foydalanish

Hozirgi paytda kosmonavtika benihoya rivojlanib bormoqda. 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 yordamida amalga oshiriladi (101-rasm).

Quyosh sistemasining barcha sayyoralari tomon Yerdan boshqariladigan raketalar uchirilgan. Ular boshqa sayyoralardan turli ma'lumotlarni Yerga yetkazib turadi. Biz o'tgan mavzularda birinchi kosmik tezlik va uning qiymatini bilib oldik. Tezlik ortib borgan sari harakat orbitasi ham o'zgarib borib, aylana bo'ylab uchayotgan yo'ldosh ellips, so'ngra parabola deb nomlanuvchi trayektoriyalarda harakatlana boshlaydi (102-rasm). Hisoblashlarga ko'ra, sun'iy yo'ldoshning tezligi $v_{II} = 11,2$ km/s ga yetkazilsa, u Yer orbitasidan chiqib ketadi va Quyosh atrofida orbita



102-rasm. Kosmik tezliklar

bo'ylab harakat qila boshlaydi. Bu holda u Quyoshning sun'iy yo'ldoshiga aylanib qoladi. Bu tezlik chegarasi **ikkinchi kosmik tezlik** deb ataladi. Agar raketa Yerdan Quyosh atrofidagi orbita bo'ylab harakati yo'nalishida $v_{III} = 16,7$ km/s tezlik bilan uchirilsa, raketa uchinchi kosmik tezlikka erishadi va Quyosh sistemasini tark etadi. Bu tezlik chegarasi **uchinchi kosmik tezlik** deb ataladi.

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati



Tayanch tushunchalar: raketa, sun'iy yo'ldosh, kosmos, kosmik kema, ikkinchi kosmik tezlik, uchinchi kosmik tezlik.



1. Kosmonavt kosmik kemadan tashqariga chiqsa, vaznsizlik holatida bo'ladimi?
2. Yer sun'iy yo'ldoshining harakatini tekis tezlanuvchan harakat deb bo'ladimi?

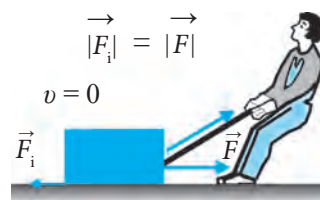


1. Massalari 1200 kg dan bo'lgan ikkita avtomobil massa markazlari orasidagi masofa 5 m ga teng. Avtomobillar bir-birini qanday kuch bilan tortishadi?
2. Bir-biridan 100 m masofada turgan 8 000 t va 12 500 t massali ikkita kemaning o'zaro tortishish kuchi kattaligini toping.
3. 99-betda keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib, Quyosh va Yer orasidagi tortishish kuchini toping.
4. Massasi 100 t bo'lgan uy Yerga qanday kuch bilan tortiladi? Uyning og'irligi qancha?
5. Yer sirtida tinch turgan yuk mashinasining og'irligi 100 kN ga teng. Yuk mashinasining massasini toping.
6. Yer sirtida turgan 1 kg massali jismning og'irlik kuchi nimaga teng?
7. Lift 5 m/s^2 tezlanish bilan yuqoriga harakat qila boshladi. Shu paytda lift ichidagi 45 kg massali bolaning og'irligi qancha bo'ladi?
8. Lift $2,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan pastga harakat qila boshladi. Shu paytda lift ichidagi 90 kg massali odamning og'irligi qancha bo'ladi?
9. Yer yuzidan qanday balandlikda birinchi kosmik tezlik 6 km/s ga teng bo'ladi?

32-§. ISHQALANISH KUCHI. TINCHLIKDAGI ISHQALANISH

Ishqalanish kuchi

Tez ketayotgan avtomobilni to'xtatish uchun tormoz bosiladi. Tepadan sirpanib tushgan chana yo'lning gorizontal qismida biroz sirpanib borib to'xtaydi. Bu hodisalarda tezlik o'zgarishi, ya'ni kamayishi namoyon bo'lmoqda. Ma'lumki, har qanday tezlik o'zgarishining sababchisi kuchdir. Endi mexanikada o'rganiladigan yana bir kuch – ishqalanish kuchi haqida gaplashamiz. Yerda turgan yukni sudrash uchun unga harakat yo'nalishida F kuch bilan ta'sir etish kerak (103-rasm). Bunda yukning harakatlanishiga qarshilik qiluvchi va harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan F_i kuch paydo bo'ladi.



103-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.



104-rasm. Shkivda ishqalanishning namoyon bo‘lishi

Ishqalanish hech qanday harakatni yuzaga keltirmaydi. Lekin nima uchun u kuch deb ataladi, degan savol tug‘iladi. Bunga sabab, ishqalanish kuchi harakatni sekinlashtiradi. Demak, kuch faqat harakatni yuzaga keltirmasdan, uni sekinlashtirishi ham mumkin ekan. Stol ustida taxlanib turgan kitoblarni surish uchun kuch bilan ta‘sir etib, ishqalanish kuchini yengishimiz kerak. Avtomobilga tormoz berilsa, u tezda to‘xtaydi. Tasmali uzatma ham ishqalanish tufayli shkivlarni aylantiradi (104-rasm).



Ishqalanish kuchi hosil bo‘lishining birinchi sababi bir-biriga tegib turadigan jismlar sirtining notekisligidir.



105-rasm. Turli jismlar sirtining lupada ko‘rinishi

Hatto juda silliq ko‘rinadigan jismlarning sirtlarida ham g‘adir-budurliklar va o‘yilgan joylar bo‘ladi. Silliq jismlar sirti lupa orqali qaralsa, ularning g‘adir-budurligi turlicha ekanligi ko‘rinadi (105-rasm).

Bir jism ikkinchi jismning sirtida sirpanganda yoki dumalaganda, bu g‘adir-budurliklar bir-biriga ishqalanib, harakatlanishga to‘sqinlik qiluvchi kuchni vujudga keltiradi.



Ishqalanish kuchi hosil bo‘lishining ikkinchi sababi – bir-biriga tegib turadigan jismlar yuzasidagi molekulalarning o‘zaro ta‘sirlashish kuchidir.

Agar jismlarning sirtlari yaxshi silliqlangan bo‘lsa, jismlar bir-biriga tekkanda 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 *dumalanish 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 (106-rasm). Agar bu kuch bo'lmaganida, yuk sirpanib pastga tushib ketar edi.



106-rasm.

Transportyorda yukni yuqoriga chiqarish

Xonadagi stol-stul, javon va boshqa jihozlar tinchlikdagi ishqalanish kuchi tufayli polda qimirlamay turadi.

Agar ishqalanish kuchi bo'lmaganida, ular turtib yuborilgan zahoti xona ichida harakatga kelib, sirpanib yurar edi.

Pol ustida turgan jismni gorizontal 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 kiyim tagsirti 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 ta'sir etib, miqdor jihatdan F kuchga teng bo'ladi (107-rasm).



107-rasm. Yurganda ishqalanishning namoyon bo'lishi

Yurganimizda yerni orqaga itarishimizni tasavvur qilish uchun sportchilar mashq qiladigan rolikli yo'lkachani misol qilib keltirish mumkin (108-rasm). Bunda sportchi oldinga yugurmoqchi bo'lsa, yo'lka orqaga harakat qiladi.

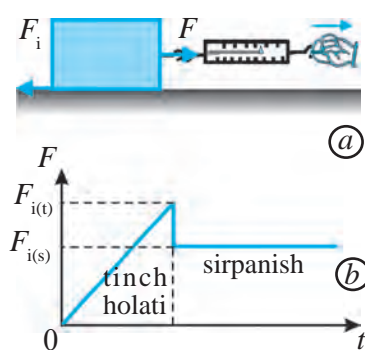
Ishqalanish kuchi $F_{i(t)}$ ta'sir etayotgan kuch F ga proporsional ravishda o'zgaradi: $F_{i(t)} = kF$. Bunda k – ishqalanish koeffitsiyenti. Uning qiymati ta'sirlashayotgan jismlar materialiga, sirtlarining silliqligi va boshqalarga bog'liq.

Turmushda ishqalanish ba'zi hollarda foydali bo'lsa, ba'zi hollarda zararli bo'ladi. Masalan, qishda



108-rasm. Ishqalanish tufayli yo'lkaning orqaga harakati

Dinamika asoslari



109-rasm. Tinchlikdagi va sirpanish ishqalanishning namoyan bo'lishi (a) va ularning grafigi (b)

qo'zg'aladi (109-a rasm). Bunda $F_{i(t)}$ – tinchlikdagi ishqalanish kuchi.



Jismning tinch holatidan harakatga kelish paytidagi ishqalanish kuchi tinchlikdagi ishqalanish kuchi deyiladi.



Tayanch tushunchalar: ishqalanish kuchi, tinchlikdagi ishqalanish, tinchlikdagi ishqalanish kuchi.



1. Nima uchun ba'zi yuk avtomobillarining orqa g'ildiraklariga zanjir bog'lanadi?
2. Nima uchun tirik baliqlarni qo'lda ushlab turish qiyin?
3. Nima uchun ustalar detallarga shurupni burashdan oldin unga sovun surtishadi?
4. Ishqalanish qay vaqtda foydali, qay vaqtda esa zararli ekanligiga misollar keltiring.

33-§. SIRPANISH ISHQALANISH. DUMALANISH ISHQALANISH

Sirpanish ishqalanish



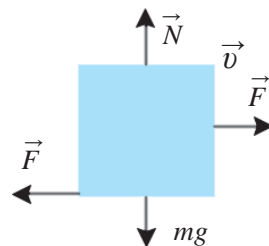
Sirpanish ishqalanish – bu bir jism yuzasi bo'ylab boshqa jism sirpanib harakatlanganida vujudga keladigan ishqalanishdir.

Masalan, stol ustidagi kitobni siljitganda, sirpanish ishqalanish hosil bo'ladi. 109-a rasmda tasvirlangan jismni dinamometr orqali tortib, joyidan

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

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 (109-b rasm).

Agar sirpanayotgan jism ustiga yuk qo'ysak, o'lchanayotgan ishqalanish kuchi ortadi. Tajribaning ko'rsatishicha, gorizontaal yo'nalishda tekis harakatlantirayotgan jismga ta'sir etuvchi F kuch jismning og'irligi $P = mg$ ga to'g'ri proporsional. Nyutonning uchinchi qonuniga binoan jism ishqalanayotgan yuzaga qanday kuch bilan ta'sir etsa, bu yuza ham jismga shunday kuch bilan aks ta'sir qiladi (110-rasm). Sirpanish ishqalanish kuchi $F_{i(s)}$ jismga ta'sir etuvchi kuch F ga miqdor jihatdan teng. Aks ta'sir kuchi tayanchning **reaksiya kuchi** – N deyiladi. Bu kuch doimo yuzaga perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi. Demak, sirpanish ishqalanish kuchi – $F_{i(s)}$ jismning reaksiya kuchi – N ga to'g'ri proporsional:



110-rasm. Sirpanish ishqalanishda vektor kattaliklar yo'nalishi

$$F_{i(s)} = \mu N \quad \text{yoki} \quad F_{i(s)} = \mu mg, \quad (1)$$

bunda μ (myu) – sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti bo'lib, uning qiymati bir-biriga ishqalanuvchi jismlarning modda turiga, sirlarining silliqliigi va boshqalarga bog'liq. Sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini (1) formuladan topamiz:

$$\mu = \frac{F_{i(s)}}{N} \quad \text{yoki} \quad \mu = \frac{F_{i(s)}}{mg}. \quad (2)$$

Ba'zi juft materiallar uchun sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 3-jadvalda keltirilgan.

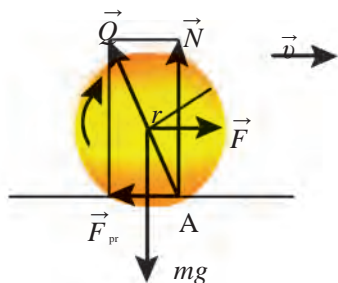
3-jadval

№	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

Dumalanish ishqalanish



Bir jism ikkinchi jism yuzasi bo‘ylab sirpanmasdan dumalasa, bunda hosil bo‘lgan ishqalanish dumalanish ishqalanish deyiladi.



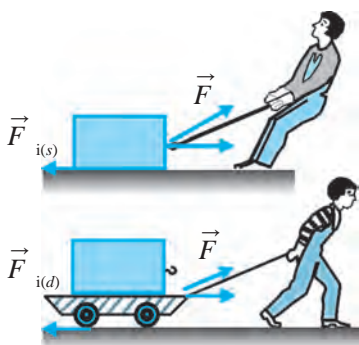
111-rasm. Dumalanish ishqalanishda vektorlarning yo‘nalishi

G‘ildiraklar g‘ildiraganda, bochka yoki g‘o‘lalar dumalatilganda, dumalanish ishqalanish namoyon bo‘ladi. Dumalanish ishqalanish hosil bo‘lishining asosiy sababi g‘ildirak tegib turgan sirtning og‘irlik kuchi ta‘sirida chuqurcha paydo bo‘lib deformatsiyalanishidir. G‘ildirak sirti va u dumalayotgan sirt qanchalik qattiq bo‘lsa, g‘ildirak dumalayotganda shuncha kam deformatsiyalanadi va dumalanish ishqalanish kuchi $F_{i(d)}$ shuncha kichik bo‘ladi (111-rasm). Temir yo‘lning temir izlarida ishqalanish kuchi juda kichik bo‘lishining sababi ham shunda.



112-rasm. Dumalanish ishqalanish kuchini aniqlash

Har qanday jismning dumalanish ishqalanish kuchini o‘lchash mumkin. Buning uchun aravacha dinamometr orqali bir xil tezlikda tortiladi. Bunda aravacha g‘ildiraklarining dumalanish ishqalanish kuchi $F_{i(d)}$ dinamometr ko‘rsatgan F kuchning qiymatiga teng bo‘ladi (112-rasm). Bu kuchning qiymati 4 ga bo‘linsa, aravachadagi har bir g‘ildirakning dumalanish ishqalanish kuchi topiladi.



113-rasm. Sirpanish (a) bilan dumalanish (b) ishqalanishning qiyoslanishi

Dumalanish ishqalanish kuchi $F_{i(d)}$ sirpanish ishqalanish kuchi $F_{i(s)}$ dan kichik bo‘ladi (113-rasm). Shuning uchun ham qadimdan odamlar og‘ir yuklarni bir joydan boshqa joyga ko‘chirishda g‘o‘lalaridan foydalanganlar. G‘ildirak ixtiro qilingandan keyin esa u g‘o‘lalar o‘rnini egallagan. G‘ildirakning ixtiro qilinishi buyuk kashfiyotlardan biridir. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, dumalanish 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:

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

$$F_{i(d)} = \mu_d \frac{P}{r}, \quad (3)$$

bunda μ_d – dumalanish ishqalanish koeffitsiyenti. Uning qiymati bir-biriga ishqalanuvchi jismlarning materiali, sirtlarining silliqligi 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. Yog'och taxtaning polga ishqalanish kuchini o'lchash uchun yog'ochga dinamometrni ulaymiz. Dinamometrni gorizontal holda ushlab, yog'ochni polga nisbatan tekis harakatlantiramiz. Jism tekis harakat qila boshlaganida dinamometrning ko'rsatgichi ishqalanish kuchini ko'rsatadi. Yog'ochning tekis harakat qila boshlashi ta'sir etuvchi kuch va ishqalanish kuchi bir-biriga tengligini ko'rsatadi. Faqat bu kuchlar qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Agar yog'och ustiga yuk qo'ysak, yuksiz holatga nisbatan ko'proq ishqalanish paydo bo'lganligini kuzatamiz. (2) formuladan dumalanish ishqalanish koeffitsiyentini topaylik:

$$\mu_d = F_{i(d)} \frac{r}{P} \quad \text{yoki} \quad \mu_d = F_{i(d)} \frac{r}{mg}. \quad (4)$$

Demak, dumalayotgan jism radiusi qancha katta bo'lsa, dumalanish ishqalanish koeffitsiyenti ham shuncha katta bo'lar ekan.

Masala yechish namunasi

Massasi 2 t bo'lgan avtomobilning g'ildiraklari bilan asfalt orasidagi dumalanish ishqalanish kuchini toping. G'ildirak diametrini 1 m, rezina bilan asfalt orasidagi dumalanish ishqalanish koeffitsiyentini 2 mm, $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb oling.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m = 2 \text{ t} = 2 \text{ 000 kg};$ $\mu_d = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m};$ $D = 1 \text{ m}; g = 10 \text{ m/s}^2.$	$P = mg;$ $r = \frac{D}{2};$ $F_{i(d)} = \mu_d \frac{P}{r}.$	$P = 2000 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 20 \text{ 000 N};$ $r = \frac{1}{2} \text{ m} = 0,5 \text{ m};$ $F_{i(d)} = 0,002 \text{ m} \cdot \frac{20 \text{ 000 N}}{0,5 \text{ m}} = 80 \text{ N}.$
<hr/> <p><i>Topish kerak:</i></p> $F_{i(d)} = ?$		<p><i>Javob:</i> $F_{i(d)} = 80 \text{ N}.$</p>



Tayanch tushunchalar: sirpanish ishqalanish, sirpanish ishqalanish kuchi, sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti, dumalanish ishqalanish, dumalanish ishqalanish kuchi, dumalanish ishqalanish koeffitsiyenti.

Dinamika asoslari



1. Dumalanish ishqalanish kuchini tushuntirib bering. Uning formulasi qanday ifodalanadi?
2. Tevarak-atrofigizda uchraydigan sirpanish ishqalanish va dumalanish ishqalanishga misollar keltiring.



1. Gorizental 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 koeffitsiyentining qiymatini mavzudagi jadvaldan va matndan oling.)
2. Gorizental holatdagi po'lat sirtida po'latdan yasalgan 10 kg massali jism gorizental yo'nalishda kuch bilan tekis tortib sirpantirilmoqda. Bunda jism qanday kuch bilan tortilmoqda?
3. Gorizental 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 gorizental 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 KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

(3-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: yog'och chizg'ich ustida sirpanayotgan taxtachaning ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash yordamida sirpanish ishqalanishga oid bilimlarini mustahkamlash.

Kerakli jihozlar: uzun yog'och chizg'ich, ilgakli taxtacha, dinamometr, tarozi, tarozi toshlari.

Ishni bajarish tartibi

1. Tarozida taxtachaning massasini o'lchang va 4-jadvalga yozing.
2. $P = mg$ formuladan foydalanib, taxtachaning og'irligini toping.
3. Taxtachaga dinamometrni olib, uni chizg'ich bo'ylab tekis sirpan-tiring va dinamometrning ko'rsatishini $F_{i(s)}$ sirpanish ishqalanish kuchiga teng deb olib, uni jadvalga yozing.
4. 121-betdagi (4) formuladan foydalanib, sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini hisoblang.

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

5. Taxtacha ustiga avval 100 g li, so'ngra 200 g li tarozi 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 koeffitsiyentining o'rtacha qiymatini hisoblang va natijani jadvalga yozing.

4-jadval

No	$m, \text{ kg}$	$P, \text{ N}$	$F_{i(s)}, \text{ N}$	μ	$\mu_{o'rt}$
1.					
2.					
3.					

7. Absolyut va nisbiy xatoliklarni toping.

8. Laboratoriya ishi natijasini tahlil qiling va xulosa chiqaring.

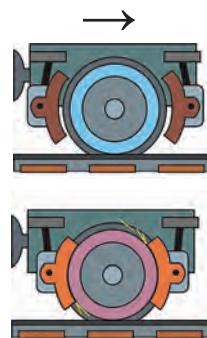
35-§. TABIATDA VA TEXNIKADA ISHQALANISH

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 turtulamiz. Ishqalanish kam bo'lgan muz ustida yurish qiyinligini bilasiz. Ishqalanish bo'lmaganda edi, buyumlar qo'limizdan sirpanib tushib ketardi.

Vagon g'ildiraklarini aylanishdan to'xtatish uchun ishqalanish kuchidan foydalaniladi (114-rasm). 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 (115-rasm).



114-rasm. Vagon gildiragining tormozlanishi

Dinamika asoslari

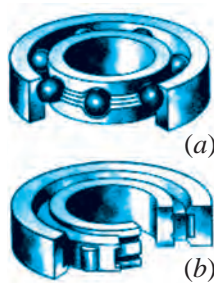


115-rasm.
Avtomobil
shinasining
sirti

Tinch holatdagi ishqalanish kuchi polda turgan stol-stul va shkafnlarni tutib turadi, taxtaga qoqilgan mixni ushlab turadi, bogʻlangan arqonning yechilib ketishiga yoʻl qoʻymaydi.

Oʻsimlik va hayvonlarda turli xil organlar ishqalanish tufayli tutib qolish vazifasini bajaradi. Masalan, oʻsimliklarning chirmovuqlari, filning xartumi, tirmashib chiqadigan hayvonlarning dumi gʻadir-budur sirtga ega boʻladi.

Zararli ishqalanish va uni kamaytirish



116-rasm. Sharikli
(a) va rolikli (b)
podshipniklar

Bir-biri ustida harakatlanadigan sirtlarda hosil boʻladigan ishqalanishlar koʻp hollarda zararli boʻladi. Bunday hollarda ishqalanishni kamaytiradigan turli vositalar qoʻllaniladi. Masalan, mashina va stanoklarda ishqalanish tufayli harakatlanuvchi qismlari qiziydi va yeyiladi. Ishqalanishni kamaytirish uchun bir-biriga tegib turuvchi sirtlar silliqlanadi, ularning oralari moylanadi.

Ishqalanishni kamaytirish maqsadida avtomobil, velosiped va stanoklarning aylanuvchi vallariga podshipniklar kiydiriladi. Podshipnikning valga bevosita tegib turadigan qismi – vkladish poʻlat, choʻyan yoki bronzadan yasaladi. Vkladishning ichki sirtiga qoʻrgʻoshin 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.

Dumalanish ishqalanish kuchi sirpanish ishqalanish kuchidan ancha kam boʻlganligi texnikada qoʻl keladi. Sharikli va rolikli podshipniklarning qoʻllanilishi dumalanish ishqalanish kuchining kamligiga asoslangan. Bunday podshipniklarda aylanayotgan val podshipnikning qoʻzgʻalmas vkladishida sirpanmasdan, balki poʻlat sharchalar va roliklar ustida dumalaydi (116-rasm).

Podshipnikning qattiq poʻlatdan tayyorlangan ichki halqasi valga oʻrnatilgan boʻladi. Tashqi halqasi esa mashina korpusiga mahkamlangan. Val aylanganda ichki halqa sharchalar yoki roliklarda dumalaydi. Sharchalar va roliklar halqalar orasiga joylashtirilgan boʻladi. Sharikli yoki rolikli podshipniklar qoʻllanilganda ularning ishqalanish kuchi sirpanish podshipniklariga qaraganda 20–30 marta kam boʻladi.

V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati

Qiyalikdan tushayotgan velosiped pedali 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'lar edi.

Avtomobil, stanok, elektr dvigatel 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. G'adir-budurliklari tekislanib, atom va molekular darajasida silliqlangan podshipniklar ishqalanish yanada kamligi bilan ajralib turadi. Havo yoki suyuqlikning qarshilik kuchini kamaytirish maqsadida katta tezlikda harakatlanadigan jismlar oval shaklda yasaladi. Shunday shaklda yasalgan samolyot va suv osti kemalarida qarshilik kuchi kamayishi hisobiga katta tezlikka erishilib, yoqilg'i sarfi ancha kamayadi. Osmonda uchayotgan qushlar va suvda yashaydigan ko'p jonivorlar ham oval shaklida bo'lishining sababi shunda.

Qor va muzliklarda odamlarning yiqilib tushmasliklari, avtomashinalar to'xtay olmay avariya uchrashlarini oldini olish uchun yo'llarga qum, tuz yoki tuproq sepib, ishqalanish kuchi oshiriladi. Lekin chang'i yoki chanalarda uchish uchun ularning ostki qismi silliqlanib, maxsus moylar bilan moylanadi.

Eslatib o'tamiz, ishqalanish kuchi jismlarning bir-biriga bevosita urinishida paydo bo'ladi va hamma vaqt urinish sirti bo'ylab yo'naladi. Shu xossasi bilan ishqalanish kuchi urinish sirtiga tik yo'nalgan elastik kuchidan farq qiladi.

Jismning ishqalanish kuchi ta'siridagi harakatida bu kuch hamisha harakat yo'nalish vektoriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Demak, ishqalanish kuchi jism tezligining son qiymatini kamaytiradi va jismga faqat ishqalanish kuchi ta'sir qilsa, jism asta-sekin borib to'xtaydi.

Ko'p uchraydigan hollardan biri, masalan, harakatdagi avtomobil oldidan to'siq chiqib qolsa, haydovchi g'ildiraklarga motor ta'sirini uzib, tormozni ishga soladi. Avtomobil faqat ishqalanish kuchi ta'siri ostida tormozlanish masofasi deb atalgan yo'lni o'tib bo'lib, to'xtaydi. Hisob-kitoblar bu masofa boshlang'ich tezlikning kvadratiga to'g'ri proporsional, ishqalanish kuchiga esa teskari proporsional ekanligini ko'rsatdi.



Tayanch tushunchalar: podshipnik, vkladish, sirpanish podshipnigi, sharikli va rolikli podshipniklar.



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. Nima uchun traktorlar, yo‘l shibbalaydigan katoklar va chaqaloqlar aravachalari oval shaklda ishlanmaydi?

V BOB BO‘YICHA XULOSALAR

- ◆ 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 pastga 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: $v_1 = 7,9$ 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 ishqalanish kuchi qarshilik qiladi. Ishqalanish kuchi jism harakatiga qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘ladi.

- ◆ Jismlarning ishqalanishini uch turga – tinchlikdagi ishqalanish, sirpanish ishqalanish va dumalanish 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 bosim kuchiga proporsional bo'ladi: $F_{i(s)} = \mu N$.
- ◆ Jism boshqa jism ustida dumalasa, dumalanish ishqalanish namoyon bo'ladi. Dumalanish ishqalanish kuchi dumalayotgan jismining og'irligiga to'g'ri proporsional, radiusiga teskari proporsional bo'ladi:

V BOBGA OID QO'SHIMCHA MASHQLAR

1. Quyidagi tajribani o'tkazib ko'ring. Ishlatilmagan qalamni olib, ikkita ko'rsatkich barmoqlaringiz ustiga qo'ying. Endi qalamni gorizontal holatda tutib turib, barmoqlaringizni bir-biri tomonga asta sekin yaqinlashtiring. Bunda qalam oldin bir barmog'ingizda, keyin boshqa barmog'ingizda va h. k. surilayotganligining guvohi bo'lasiz. Agar tajribani uzunroq silliq yog'och bilan takrorlasangiz, bu holat yana ham ko'proq qaytarilishini kuzatasiz. Bunday qiziq hodisaning sababi nimada?

2. Nima uchun tinch turgan vagonni joyidan qo'zg'atish bir xil tezlikda harakatlantirib turishdan qiyin?

3. Dengiz portida ikkita 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.

5. Yerning Quyosh atrofida aylanish tezligini $v = 30$ km/s, Yer orbitasining radiusini $R = 1,5 \cdot 10^{11}$ m deb olib, Quyoshning massasini hisoblab toping.

6. Yer sirtidan uchib chiqayotgan kosmik raketaning tezlanishi 30 m/s² ga teng bo'lib, undagi uchuvchining massasi 90 kg bo'lsa, kabinada uning og'irligi qancha bo'lishini toping.

Dinamika asoslari

7. 10 kg massali jismni vertikal yuqoriga 2 m/s^2 tezlanish bilan ko'tarish uchun qancha kuch kerak bo'ladi?

8. Gorizontal yo'nalishda $v = 10 \text{ m/s}$ tezlik bilan otilgan jismning gorizontal yo'nalishdagi uchish uzoqligi otilish balandligiga teng. Jism qanday h balandlikdan otilgan?

9. Agar biror jism gorizontal yo'nalishda tezlanish bilan harakatlansa, uning og'irligi o'zgaradimi? Javobingizni asoslab bering.

10. Massasi 50 kg bo'lgan bola chanada tepadan sirpanib tushib, gorizontal yo'lda 20 m masofani 10 s davomida o'tib to'xtadi. Ishqalanish kuchi va ishqalanish koeffitsiyentini toping.

11. Nima uchun kuchsiz shamol juda katta muz bo'lagi – aysbergni joyidan qo'zg'atishi mumkin-u, kuchli bo'ron faqat qirg'oqdagi kichik muz bo'lagini arang siljitadi?

12. Oqim tezligi daryoning tubida jadalroqmi yoki sirtidami? Javobingizni asoslab bering.

13. 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.

14. Traktor tirkamani 10 kN kuch bilan tortganda, unga $0,5 \text{ m/s}^2$ tezlanish beradi. Tortish kuchi 30 kN bo'lgan boshqa traktor shu tirkamaga qanday tezlanish beradi?

15. Asfalt yo'lda tekis harakatlanayotgan 1200 kg massali avtomobil g'ildiraklarining birgalikdagi dumalanish ishqalanish kuchini toping. G'ildiraklarining radiusi 30 sm. $\mu_d = 0,1$ sm deb oling.

16. Massasi 0,5 kg bo'lgan brusok ustiga 7 kg yuk qo'yib, gorizontal sirtida prujina orqali tortilmoqda. Taxtaning gorizontal sirtga ishqalanish koeffitsiyenti 0,2 ga, prujinaning bikirligi 150 N/m ga teng bo'lsa, prujina qanchaga cho'ziladi?

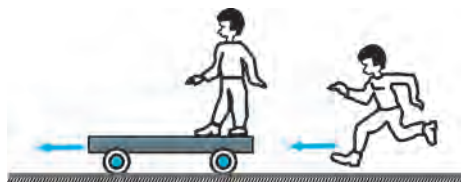
17. Gorizontal yo'lda 36 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobilni burish uchun eng kichik yoy radiusini toping. G'ildiraklarning yo'lga sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti 0,25 ga teng.

SAQLANISH QONUNLARI

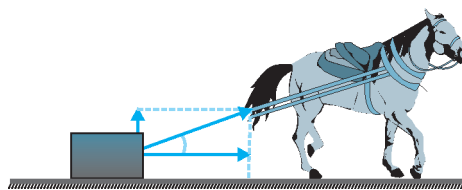
Agar jismga qo‘yilgan kuchlar ma‘lum bo‘lsa, Nyuton qonunlari mexanika masalalarini yechishga imkon beradi. Lekin ko‘p hollarda bu kuchlar noma‘lum bo‘lgani uchun Nyuton qonunlarini bevosita qo‘llab bo‘lmaydi. Masalan, ikkita jism to‘qnashishida yuzaga keladigan deformatsiyalanish juda murakkab bo‘lib, elastiklik kuchlarni hisobga olishga to‘g‘ri keladi. Kuchlarning ta‘sir etish vaqti ham juda qisqa bo‘ladi. Natijada kuzatilayotgan jarayonlarda namoyon bo‘layotgan kuchlarning qiymatlarini aniqlash ancha mushkul. Bu kabi hollarda masalani yechish uchun Nyuton qonunlaridan kelib chiqadigan natijalardan, xususan, yangi fizik kattaliklar – *impuls* va *energiya* kattaliklaridan foydalaniladi. Ma‘lum bir sharoitlarda bu kattaliklar ko‘rilayotgan **jarayon davomida o‘zgarmasligi**, ya‘ni **saqlanishi** ko‘plab hodisalarni tahlil qilishda qulaylik tug‘diradi. Shuning uchun *impuls* va *energiyaning saqlanish* xossalariidan foydalanish murakkab masalalarning nisbatan sodda ko‘rinishga keltirilishiga yordam beradi.

Impuls va energiyaning saqlanish qonunlari fizikaning barcha bo‘limlariga tegishli bo‘lib, tabiatning eng muhim qonunlaridir.

VI bob. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI



VII bob. ISH VA ENERGIYA. ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

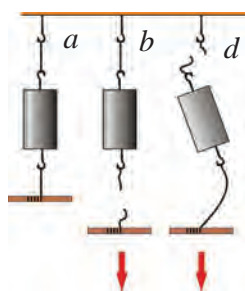




VI bob. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI

36-§. IMPULS

Kuch impulsi



117-rasm. Ipning siltab (*b*) va sekin-asta (*d*) tortilganda uzilishi

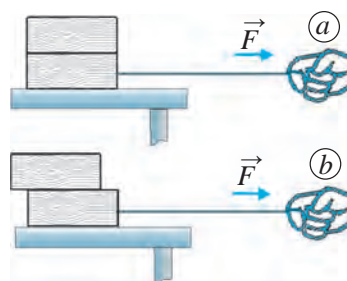
To‘xtab turgan aravachani ma’lum bir tezlikda harakatlantirish uchun uni katta tezlikda kelayotgan boshqa aravacha turtib yuborishi kerak. Yoki uni asta-sekin tortib, kichik kuch ta’siri yordamida ham kerakli tezlikka erishtirish mumkin. Lekin buning uchun uzoq vaqt davomida kuch ta’sir ettirib turish kerak bo‘ladi. Bu ikki usulda arava bir xil tezlikda harakatga keladi: birida qisqa vaqt davomida katta kuch, ikkinchisida uzoq vaqt davomida kichik kuch ta’sirida. Demak, jismlarning o‘zaro ta’sirida natija kuchning miqdoridan tashqari, ta’sirlashish vaqtining davomiy-ligiga ham bog‘liq ekan. Bunga ishonch hosil qilish

uchun quyidagi tajribalarni o‘tkazib ko‘raylik.

1-tajriba. Ikkita bir xil ipga ikki tomonidan bog‘langan jismni 117-*a* rasmda ko‘rsatilganidek osib qo‘yaylik. Dastlab ipni tez, ya’ni siltab pastga tortamiz (117-*b* rasm). Bunda jism ostidagi ipning uzilishiga guvoh bo‘lamiz. Chunki siltab tortganimizda, Nyutonning birinchi qonuniga asosan jism o‘zining tinch holatini saqlashga harakat qiladi va jism ustidagi ipga kuch ta’sir etib ulgurmaydi. Natijada jism ostidagi ipga ustidagi ipga nisbatan ko‘proq kuch ta’sir etib, u uziladi. So‘ngra jismning ostiga bog‘langan ipni sekin-astalik bilan pastga tortamiz. Bunda jismni yuqoridagi tayanch bilan bog‘lab turgan ip uziladi (117-*d* rasm). Chunki biz pastga tortayotgan kuchimizga jism og‘irligi ham qo‘shiladi. Jism ustidagi ipga ostidagi ipga nisbatan ko‘proq kuch ta’sir etgani uchun tepadagi ip uziladi.

VI bob. Impulsning saqlanish qonuni

2-tajriba. Stol ustiga sirtlari silliq ikkita taxtachani ustma-ust qo'yaylik. Pastdagi taxtachaga ip bog'langan bo'lsin (118-rasm). Birinchi (a) holatda pastdagi taxtachani asta-sekin tortamiz. Bunda pastki va ustki taxtacha bir-biriga nisbatan siljimasdan, stol ustida sirpanadi. Ikkinchi (b) holatda pastdagi taxtachani tez, ya'ni siltab tortamiz. Bu holda ustki taxtacha pastki taxtacha ustida sirpanib, orqaroqda qoladi yoki tushib ketishi mumkin.



118-rasm. Ustki taxtachaning sekin-asta (a) va siltab (b) tortilgandagi holati

Tajribalardan shunday xulosa chiqarish mumkin: jismlarning o'zaro ta'siri natijasi faqat kuchning miqdorigagina emas, balki uning ta'sir vaqti davomiyligiga ham bog'liq. Shuning uchun kuch impulsi degan kattalik kiritilgan. Impuls lotincha *impulsus* so'zidan olingan bo'lib, *turtki* degan ma'noni bildiradi.



Kuch impulsi jismga ta'sir etayotgan kuchning shu kuch ta'sir etish vaqtiga ko'paymasiga teng.

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot t. \quad (1)$$

Xalqaro birliklar sistemasida kuch impulsi – \vec{I} ning 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'nalishi bilan bir xil bo'ladi.

Jism impulsi

Yong'oqni chaqish uchun katta tosh bilan uni sekingina urish kifoya, u chaqiladi. Lekin qattiq urib yuborilsa, yong'oq maydalanib ketadi. Agar tosh kichkina bo'lsa, yong'oqni chaqish uchun sekingina urish yetarli emas. Toshni yong'oqqa katta tezlik bilan urish kerak bo'ladi.

Demak, harakatlanayotgan jism zarbi shu jism massasi va uning tezligiga bog'liq ekan.

Yog'och taxtaga mix qoqish uchun bolg'ani katta yoki kichik tezlik bilan urish mumkin. Bolg'ani katta tezlik bilan urish zarbi kichik tezlik bilan urish zarbidan kattaroq bo'ladi. Bolg'a bitta, uning massasi o'zgar-

Saqlanish qonunlari

madi, faqat uning tezligi o'zgardi. Demak, ta'sir etayotgan jism massasi bir xil bo'lganida, tezlik qancha katta bo'lsa, impuls ham shuncha katta bo'lar ekan.

Endi katta-kichikligi har xil ikkita bolg'ani olib, bir xil tezlik bilan urib ko'raylik. Bunda massasi katta bolg'aning zarbi kattaroq bo'lishi aniq. Demak, ikkita jismning tezligi bir xil bo'lganida qaysi jism massasi katta bo'lsa, o'sha jismning impulsi katta bo'lar ekan.

10 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 10 g massali jismning devorga urilish zarbi xuddi shunday tezlik bilan harakatlanayotgan 100 g massali jismning urilish zarbidan 10 marta 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 60 marta katta.

Yuqorida keltirilgan misollardan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:



1. Bir xil tezlikda harakatlanayotgan jismlardan birining massasi qancha katta bo'lsa, uning urilish zarbi shuncha katta bo'ladi.
2. Harakatlanayotgan jismning tezligi qancha katta bo'lsa, uning urilish zarbi 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 impulsi* degan fizik kattalik kiritilgan.



Jism massasi bilan uning tezligi ko'paytmasiga teng kattalik *jism impulsi* (yoki harakat miqdori) deb ataladi.

$$\vec{p} = m\vec{v}. \quad (2)$$

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 impulsi.

Tezlik vektor kattalik bo'lgani sababli jism impulsi ham vektor kattalikdir. Uning yo'nalishi tezlikning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi.

Kuch impulsi va jism impulsi orasidagi munosabat

\vec{v}_0 boshlang'ich tezlik bilan harakatlanayotgan jism t vaqt davomida boshqa jism bilan ta'sirlashishi natijasida uning tezligi o'zgarib, \vec{v} ga teng bo'lib qolsin. 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:

$$\frac{\vec{F}}{m} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \text{yoki} \quad \vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0. \quad (5)$$

Bu formulada $\vec{F}t$ – kuch impulsi, $m\vec{v}_0$ – o'zaro ta'sirgacha, $m\vec{v}$ – o'zaro ta'sirdan keyingi jism impulslari ekanligini hisobga olsak, formulaning o'ng tomoni jism impulsining o'zgarishini ifodalaydi, ya'ni

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{p} - \vec{p}_0 = \Delta\vec{p}. \quad (6)$$

(5) va (6) formulalardan:

$$F = \frac{\Delta p}{t} \quad \text{yoki} \quad \Delta p = F \cdot t \quad (7)$$

ga ega bo'lamiz.



Vaqt birligi ichida jism impulsining o'zgarishi shu jismga ta'sir etayotgan kuchga teng.

Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi:



Doimiy kuch ta'sirida jism impulsi vektorining o'zgarishi shu kuchning uning ta'sir etish vaqtiga ko'paytmasiga teng.

Jismni harakatga keltirish uchun uning «inersiyasi»ni yengish kerakmi, degan savol tug'iladi. Jism unga kuch ta'sir etganida o'zining harakatga keltirishiga qarshilik qilmaydi. (5) formulani boshlang'ich tezliksiz ($v_0 = 0$) holda ko'rib chiqaylik:

Saqlanish qonunlari

$$\vec{F}t = m \cdot \Delta \vec{v}. \quad (8)$$

Bu formulada vaqt $t = 0$ bo'lganida, tezlik $v = 0$ bo'ladi. Chunki har qanday jismning massasi nolga teng emas. Demak, kuch ta'sir etib, jismni harakatga keltirishi uchun ma'lum bir vaqt kerak bo'ladi. Jism massasi qancha katta bo'lsa, uni harakatga keltirish uchun shuncha ko'p vaqt talab qilinadi. Shuning uchun bizga kuch jism inersiyasini yengayotganday seziladi.

Jismning to'g'ri chiziqli harakatida kuch va tezliklar yo'nalishi mos kelgani uchun formulani skalyar ko'rinishda yozish mumkin:

$$Ft = mv - mv_0. \quad (9)$$

Demak, jism impulsini bir xil miqdorda o'zgartirishning ikki usuli mavjud ekan: qisqa vaqt davomida katta kuch va uzoq vaqt davomida kichik kuch ta'sir ettirish natijasida. Bu ikki usulni amaliyotda ko'p uchramiz. Masalan, tog'dagi xarsangtoshni yorish uchun qisqa vaqt davomida katta kuch ishlatilsa, uzoq vaqt davomida tomayotgan suv tomchilari ham toshni yemirishi mumkin. (5) formula Nyuton ikkinchi qonunining umumiy ko'rinishdagi ifodasidir.

Masala yechish namunasi

Tezligi 27 km/soat bo'lgan velosiped va avtomashinaning impulslarini toping. Velosipedning massasini 100 kg (haydovchisi bilan birgalikda), avtomashinaning massasini 1200 kg deb oling.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m_v = 100 \text{ kg};$	$p_v = m_v v_v;$	$p_v = 100 \text{ kg} \cdot 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 750 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}.$
$m_a = 1200 \text{ kg};$		$p_a = m_a v_a.$
$v_v = v_a = 27 \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$		

Topish kerak:
 $p_v = ?$ $p_a = ?$

Javob: $p_v = 750 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}};$ $p_a = 9\,000 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}.$



Tayanch tushunchalar: impuls, kuch impuls, jism impuls.



1. Kuch impuls va jism impulsiga misollar keltiring.
2. Jismga kuch ta'sir qilgani uchun jism impulsiga ega deb aytish mumkinmi?

M
24

1. Tayanchga osilgan jismga bog'langan ip pastga qarab dastlab 2 s davomida 10 N kuch bilan tortib turildi. So'ngra esa shunday kuch bilan 0,1 s ichida siltab tortildi. Har ikkala hol uchun jismga ta'sir etgan kuch impulsini toping.
2. Massasi 2 kg bo'lgan jism 5 m/s tezlikda devorga urildi va tezligini tamoman yo'qotdi. Jismning ta'sir kuchi impulsini toping.
3. Massasi 100 g bo'lgan sharcha gorizontal sirtida 0,5 m/s tezlik bilan ikkinchi sharchaga urildi va 0,2 m/s tezlikda o'z harakatini avvalgi yo'nalishda davom ettirdi. Urilish paytida sharchaning impulsi qanchaga o'zgaragan?

37-§. IMPULSNING SAQLANISH QONUNI

Yopiq sistema

Fizikada tahlil qilinayotgan jismlar guruhiga jismlar sistemasi deyiladi. Sistemaga kiruvchi jismlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlariga *ichki kuchlar*, sistemadagi jismlarning sistemadan tashqaridagi jismlar bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida vujudga keluvchi kuchlarga esa *tashqi kuchlar* deyiladi.



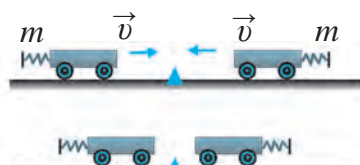
Sistemadagi jismlar faqat bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashishsa va sistemaga ta'sir etayotgan tashqi kuchlar ta'siri o'zaro muvozanatda bo'lsa, bunday jismlar sistemasi yopiq sistema deb ataladi.

Kosmik kemani uchirishda Yer bilan kosmik kema birgalikda yopiq sistema deb qaraladi. Chunki Quyosh, Oy va boshqa osmon jismlarining kosmik kemaga ta'sirini hisobga olmasa ham bo'ladi.

Gorizontal sirtida bir necha sharcha bir-biri bilan to'qnashib, ta'sirlashayotgan bo'lsin. Agar sharchalarning sirtga ishqalanishi hisobga olmaydigan darajada kichik bo'lsa, bu sharchali sirtni yopiq sistema deb qarash mumkin.

Massa va tezliklari bir xil jismlar to'qnashuvi

1-tajriba. Bir tomoniga prujinali bufer mahkamlangan bir xil m massali ikkita aravachani gorizontal relsga 119-rasm-dagidek 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.



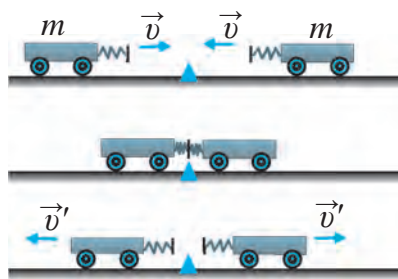
119-rasm. Har bir aravacha impulsining nolga tenglashishi

Saqlanish qonunlari

Aravachalar to‘qnashganda to‘xtab qolishi uchun ularning biriga plastilin yopishtirib qo‘yilgan. Aravachalarni bir xil v tezlik bilan harakatlantirsak, birinchi aravachaning impulsi mv ga teng bo‘ladi. Ikkinchi aravachaning tezligi birinchi aravachaning tezligiga teng, lekin qarama-qarshi yo‘nalgani uchun ikkinchi aravachaning impulsi $-mv$ 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 to‘xtaydi. Tezlik $v = 0$ bo‘lgani uchun har bir aravachaning impulsi nolga teng bo‘ladi.



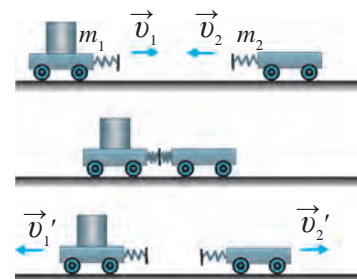
120-rasm. To‘qnashgandan keyin aravachalar impulslari yig‘indisining nolga tenglashishi

rining yig‘indisi:

$$m(-v') + mv' = -mv' + mv' = 0$$

bo‘ladi. Demak, 1-tajribadagi kabi aravachalar to‘qnashmasidan oldin ham, to‘qnashganidan keyin ham ularning impulslari yig‘indisi nolga teng.

Massa va tezliklari har xil jismlar impulsi



121-rasm. Turli massali aravachalarning to‘qnashishi

2-tajriba. Endi aravachalarning prujinali buferlari 120-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 impulsla-

3-tajriba. Aravachalar massalari turlicha – m_1 va m_2 bo‘lsin. Ularni relsga 121-rasmdagidek o‘rnatib, birinчисiga v_1 , ikkinчисига qarama-qarshi yo‘nalishda v_2 tezlik beramiz. Aravachalar to‘qnashgandan keyin mos ravishda v_1' va v_2' tezliklar bilan ortga qayta boshlaydi. Natijada har bir aravachaga ta’sir etuvchi kuchlar bir-biriga teng, lekin qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘ladi. Shuning uchun ikkinchi aravacha uchun

kuch manfiy ishora bilan olinishi kerak. Ikkala aravachaning impulslari qanday o'zgarishini hisoblaylik.

Birinchi aravacha impulsining o'zgarishi:

$$\vec{F}t = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1.$$

Ikkinchi aravacha impulsining o'zgarishi:

$$-\vec{F}t = m_2\vec{v}_2' - m_2\vec{v}_2.$$

Tengliklarni hadma-had qo'shamiz:

$$0 = m_1\vec{v}_1' - m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2' - m_2\vec{v}_2$$

yoki
$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'. \quad (1)$$

Bu tenglikning chap tomoni aravachalarning to'qnashishdan oldingi, o'ng tomoni esa to'qnashgandan keyingi impulslari yig'indisini ifodalaydi. Demak, aravachalar bir-biri bilan to'qnashganda ular impulslarining yig'indisi vaqt o'tishi davomida o'zgarmay qoladi, ya'ni impulslar yig'indisi saqlanadi.

Impulsning saqlanish qonuni ta'rifi

Yopiq sistemada ikki jismning o'zaro ta'sirlashishi natijasida ularning impulslari saqlanishini yuqorida ko'rdik. Agar yopiq sistemada jismlar ko'p bo'lsa ham, o'zaro ta'sirlashuvchi jismlarning impulslari yig'indisi o'zgarmaydi, ya'ni saqlanadi:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = const. \quad (2)$$

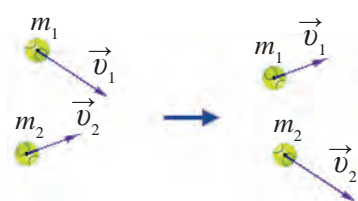
Umumiy holda impulsning saqlanish qonuni quyidagicha ta'riflanadi:



Yopiq sistemada jismlar impulslarining vektor yig'indisi jismlarning o'zaro ta'sirlashishi va vaqt o'tishidan qat'i nazar o'zgarmaydi.

Eslatib o'tamiz, bu qonun sistemaga tashqi kuchlar ta'sir etmagan holdagina o'rinli. Impulsning saqlanish qonuni fizikaning asosiy qonunlaridan biridir. Bu qonun faqat makroskopik jismlarning o'zaro ta'siri uchun emas, balki mikroskopik molekula, atom, elementar zarrachalarning o'zaro ta'siri uchun ham o'rinlidir. Masalan, to'pdan otilgan o'q oldinga uchib ketsa, to'pning o'zi orqaga «savrashi»ni kinofilmlarda ko'p ko'rganmiz (122-rasm).

Saqlanish qonunlari



122-rasm. To‘qnashayotgan zarrachalar impulsi

Agar yopiq sistema bitta yagona jismdan iborat bo‘lsa, ya’ni jisimga ta’sir etuvchi kuch bo‘lmasa, jism impulsi o‘zgarmaydi. Bu esa inersiya qonunini, ya’ni jism tezligining o‘zgarmasligini bildiradi.

Ta’sirlashayotgan jismlar mexanikasini bilish – bu ularning to‘qnashganidan keyingi harakatlarini qanday bo‘lishini bilishdir. Natijaviy tezlik to‘qnashuv elastik yoki noelastik ekanligiga bog‘liq. Noelastik to‘qnashuvda to‘qnashgandan so‘ng ikkala jism birgalikda harakat qilib, bir xil v tezlik oladi. Shuning uchun to‘qnashishdan keyingi jismlar sistema-sining impulsi quyidagicha ifodalanadi:

$$(m_1+m_2)v.$$

Impulsning saqlanish qonuniga asosan to‘qnashishgacha va to‘qnashishdan keyingi impulslarni tenglashtiramiz:

$$m_1v_1+ m_2v_2 = (m_1+m_2)v. \quad (3)$$

(3) formuladan v ni topamiz:

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

Agar v_1 tezlik yo‘nalishini musbat yo‘nalish deb olsak, v tezlik oldidagi musbat ishora jismlar to‘qnashuvdan keyin v_1 yo‘nalishda, manfiy ishora esa ular qarama-qarshi yo‘nalishida harakat qilishini bildiradi.

Masalan, massasi 3 kg va tezligi 8 m/s bo‘lgan jism massasi 2 kg va tezligi 10 m/s bo‘lgan ikkinchi jisimga noelastik urilsa, ularning har biri quyidagi tezlikka ega bo‘ladi:

$$v = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 10}{3 + 2} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 8,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Elastik to‘qnashuvda jismlar qanday tezlik bilan bir-birlariga yaqinlashishgan bo‘lsa, to‘qnashuvdan so‘ng ular shunday tezlikda uzoqlashishadi. To‘qnashuvga qadar jismlarning bir-biriga yaqinlashish tezligi $v_2 - v_1$ ga teng. To‘qnashuvdan so‘ng jismlarning bir-biridan uzoqlashish tezligi esa $v_2' - v_1'$. Elastik to‘qnashuvda bu ayirmalar bir-biriga teng: $v_2 - v_1 = v_2' - v_1'$.

Biz jismlar to‘qnashuvining ikki chegaraviy holatini, ya’ni mutlaq elastik va mutlaq noelastik to‘qnashuvlarni ko‘rib chiqdik. Tabiatda ko‘proq to‘la elastik bo‘lmagan to‘qnashuvlar, ya’ni to‘qnashuvdan so‘ng jismlar o‘z holatini to‘la tiklab ololmaydigan hollar uchraydi. Impulsning saqlanish

VI bob. Impulsning saqlanish qonuni

qonuni bajarilishini texnikada keng qo'llaymiz. Masalan, reaktiv harakatda bu qonunning tatbiqi yaqqol namoyon bo'ladi. Raketalarining kosmik parvozini rejalashtirishda yoqilg'i sarfi hisobini olishda impulsning saqlanish qonunidan foydalaniladi.

Xalq sayillarida ajoyib tomosha ko'rsatiladi. Yerda yotgan polvon ustiga katta temir bo'lagi qo'yiladi va bu temirga bolg'a bilan uriladi. Tomoshabinlar polvon qanday qilib bolg'a zarbiga chidaganligiga hayron qolishadi. Aslida (4) formulaga ko'ra, temir bo'lagi massasi bolg'a massasidan necha marta katta bo'lsa, temir bo'lagi olgan tezlik bolg'a tezligidan shuncha marta kichik. Shuning uchun katta, ammo polvonni bosib qolmaydigan temir bo'lagi tanlab olinadi.

Masala yechish namunasi

Massasi 50 t bo'lgan temiryo'l vagoni 8 km/soat tezlik bilan 30 t massali tinch turgan vagonga kelib tirkaldi. Vagonlarning tirkalgandan keyingi tezligini toping.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m_1 = 50 \text{ t};$ $m_2 = 30 \text{ t};$ $v_1 = 8 \text{ km/soat};$ $v_2 = 0. v_1' = v_2'.$	$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_1'$ $v_1' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$	$v_1' = \frac{50 \cdot 8}{50 + 30} \frac{\text{km}}{\text{soat}} = 5 \frac{\text{km}}{\text{soat}}.$
<i>Topish kerak:</i>		<i>Javob:</i> $v_1' = v_2' = 5 \frac{\text{km}}{\text{soat}}$
$v_1' = v_2' = ?$		



Tayanch tushunchalar: yopiq sistema, impulsning saqlanish qonuni.



1. Yopiq sistemaga ta'rif bering va uni misollar bilan tushuntiring.
2. To'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilayotgan massasi va tezliklari bir xil jismlarning to'qnashishdan oldingi impulslar yig'indisi nimaga teng bo'ladi?
3. 2-savolda keltirilgan jismlarning to'qnashgandan keyingi impulslar yig'indisi nimaga teng bo'ladi?



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 yetdi va uning ustiga chiqib oldi. Aravachaning bola bilan birgalikdagi tezligi qancha?

Saqlanish qonunlari

3. 3-tajribada keltirilgan aravachalar massalari mos ravishda 1 kg va 0,5 kg, to‘qnashgunga qadar tezliklari esa 2 m/s va 3 m/s bo‘lib, to‘qnashgandan keyin birinchi aravacha 1,5 m/s tezlik olgan bo‘lsa, ikkinchi aravacha qanday tezlik bilan harakatlana boshlaydi?

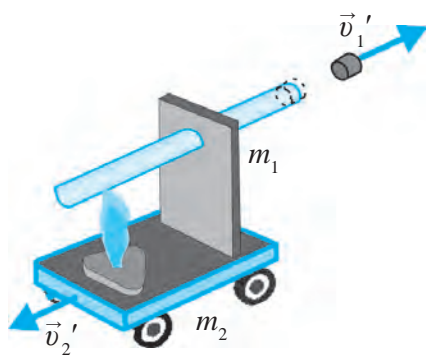
38-§. REAKTIV HARAKAT

Reaktiv harakat haqida tushuncha

Puflab shishirilgan havo sharining og‘zini bog‘lamasdan qo‘yib yuborsak, shar ajoyib trayektoriya bo‘yicha uchib ketishini kuzatganmiz. Bunda impulsning saqlanish qonuni bajarilib, havo katta tezlikda shar og‘zidan bir tomonga, sharning o‘zi esa qarama-qarshi tomonga harakat qiladi. Bu hodisa reaktiv harakatga misol bo‘la oladi.



Yopiq sistemaning bir qismi biror tezlik bilan harakat qilsa, sistemaning qolgan qismi unga qarama-qarshi yo‘nalishda harakatga keladi. Vujudga kelgan bunday harakat *reaktiv harakat* deyiladi.



123-rasm. Tiqinning harakatiga qarama-qarshi yo‘nalishda hosil bo‘lgan reaktiv harakat

paydo bo‘ladi. Reaktiv kuch ta‘sirida aravacha tiqin harakatiga 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 hisoblaymiz.

Reaktiv harakatni tasavvur qilish uchun quyidagi tajribani o‘tkazaylik.

Probirkaning yarmigacha suv quyib, tiqin bilan yopaylik va 123-rasmdagidek aravachaga o‘rnataylik. Quruq yonilg‘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 kuchiga qarama-qarshi yo‘nalgan reaktiv kuch

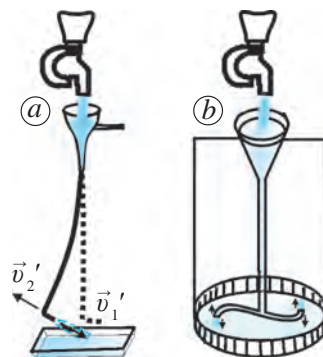
VI bob. Impulsning saqlanish qonuni

$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 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.

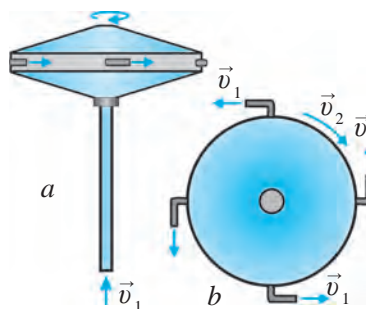
Reaktiv harakatni tushunib olish uchun yana boshqa tajribalarni ham o'tkazish mumkin. 124-a rasmda tasvirlangan tajribada suv v_1 tezlik bilan bir tomonga otilib tursa, nayning o'zi qarama-qarshi tomonga v_2 reaktiv tezlik bilan harakat qiladi. 124-b rasmdagi tajribada esa bukilgan shisha nayning ikki uchidan suv otilib turadi. Bunda suvning harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda vujudga kelgan reaktiv harakat hisobiga shisha nay aylanadi. Bu sistema Segner parraklari deyiladi.

Havo yordamida ham reaktiv harakatni hosil qilish mumkin. 125-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 diskni qarama-qarshi yo'nalishda aylantiruvchi reaktiv harakatni hosil qiladi.

Qurilmaning yordamchi qismi sifatida siqilgan havoni hosil qiluvchi changyutgichdan 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.



124-rasm. Suvning oqimiga qarama-qarshi yo'nalishda hosil bo'lgan reaktiv harakatlar



125-rasm. Havo yordamida reaktiv harakatni hosil qilish qurilmasi: a) yonidan ko'rinishi; b) yuqoridan ko'rinishi

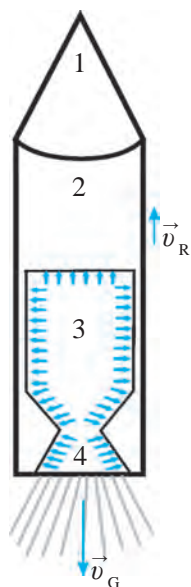
Raketaning tuzilishi va harakati

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 sistemalari raketa deb ataladi.

Saqlanish qonunlari



126-rasm.
Raketaning
tuzilishi

Raketaning harakati reaktiv harakatga asoslangan. Uning tuzilishi sxematik ravishda 126-rasmda tasvirlangan. Raketa, asosan, to‘rt qismdan iborat. 1-qismda Yer atrofidagi orbitaga chiqarib qo‘yiladigan kosmik kema yoki sun‘iy yo‘ldosh joylashgan. Raketaning 2-qismini yoqilg‘i va raketani Yerdan uchirish jihozlari tashkil etadi. 3-qismda yoqilg‘i yonish kamerasi joylashgan bo‘lib, bu yerda yoqilg‘i yonishi natijasida yuqori harorat va bosimli gaz yig‘iladi. Bunday gaz reaktiv soplo (4-qism) orqali juda katta v_G tezlikda tashqariga chiqariladi. Yonish kamerasiga nisbatan kichik o‘lchamli soplo orqali chiqayotgan katta bosimli gaz oqimi juda katta tezlikka erishadi. 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 (127-rasm).

yozish mumkin:

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

$$m_G \vec{v}_G + m_R \vec{v}_R = 0 \quad \text{yoki} \quad \vec{v}_R = - \frac{m_G \vec{v}_G}{m_R}.$$



127-rasm.
Raketaning
ko‘tarilishi

Formuladan ko‘rinadiki, raketaning massasi qancha kam bo‘lsa, uning reaktiv tezligi shuncha katta bo‘ladi. Haqiqatda ham, raketa massasining katta qismi yoqilg‘i massasiga to‘g‘ri keladi. Yoqilg‘i yonishi jarayonida uning miqdori hamda raketa massasi kamayib boradi. Bu esa raketa tezligining oshib borishiga olib keladi. Raketa belgilangan balandlikka chiqqunga qadar uning yoqilg‘idan 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 raketa va 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.



Tayanch tushunchalar: reaktiv harakat, raketa, kosmonavtika.



1. Reaktiv harakat deb nimaga aytiladi? Impulsning saqlanish qonuni asosida reaktiv harakatni tushuntirib bering.
2. 123–124-rasmlarda tasvirlangan tajribalarni tushuntirib bering.
3. Raketa tuzilishini aytib bering.
4. Raketaning qanday harakatga kelishini tushuntirib bering.

VI BOBGA OID QO‘SHIMCHA MASHQLAR

1. Nima uchun qo‘limizdagi g‘ishtni bolg‘a bilan ursak, qo‘limiz qattiq og‘riqni sezmaydi?
2. Ochiq kosmosdagi kosmonavt raketaga boshqalar yordamisiz qaytib kirishi uchun qanday harakat qilishi kerak?
3. Qirg‘oqda turib qayiqni turtsak, u suriladi. Nima uchun qayiqda turib uni turtsak, u qo‘zg‘almaydi?
4. Jismga bog‘langan ip siltab 0,05 s davomida 20 N kuch bilan tortilganda, jism joyidan qo‘zg‘almadi. So‘ngra ip shunday kuch bilan 2 s davomida tortib turilganda, jism joyidan qo‘zg‘aldi. Har ikkala hol uchun kuch impulsini toping va ularni taqqoslang.
5. 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?
6. Massasi 100 g li tosh 5 m/s tezlik bilan gorizontaal otildi. Otilish vaqtida toshning impulsi qancha bo‘lgan?
7. Massalari 1200 kg dan bo‘lgan ikkita 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‘qnashgan? Agar shu avtomobillarning tezliklari mos ravishda 36 km/soat va 54 km/soat bo‘lganda to‘qnashish paytida impulslari qancha bo‘lar edi? Qaysi holda to‘qnashish talafoti katta? Nima uchun?

Saqlanish qonunlari

8. 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 o'z harakatini davom ettirdi. Urilish paytida birinchi sharchaning impulsi qanchaga o'zgargan?
9. 3 m/s tezlik bilan kelayotgan massasi 60 t li temiryo'l vagoni tinch turgan 40 t li vagonga tirkaldi. Tirkalgandan so'ng vagonlar qanday tezlik bilan harakatlangan?
10. 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?
11. Harakatdagi aravacha ustidagi qumga bir bo'lak jism kelib tushdi. Qanday holatda aravacha o'z harakat yo'nalishini saqlagan holda tezligini kamaytiradi? To'xtaydi? Orqaga harakat qiladi?
12. 70 kg massali odam 280 kg massali qayiqning bir uchidan ikkinchi uchiga 5 m yo'l yurib bordi. Bunda qayiq suvga nisbatan necha metr masofaga suriladi?
13. Massasi 100 g bo'lgan sharcha gorizontal sirtida 0,5 m/s tezlikda kelib ikkinchi sharchaga urildi va 0,2 m/s tezlikda o'z harakatini avvalgi yo'nalishda davom ettirdi. Urilish paytida sharchaning impulsi qanchaga o'zgargan?

O'TILGAN MAVZULAR BO'YICHA TEST SAVOLLARI

1. Ishqalanish kuchini kamaytirish uchun texnikada qanday choralar ko'riladi?

A) tozalash;	B) yuvish;
C) ishqalash;	D) moylash.
2. Harakatlanayotgan poyezd vagonida o'tirgan odam nimalarga nisbatan tinch holatda bo'ladi?

A) vagonga nisbatan;	C) vagonga va yerga nisbatan;
B) yerga nisbatan;	D) relsga nisbatan.

3. Og'irlik kuchi 550 N bo'lgan jismning massasi necha kilogrammni tashkil etadi?

- A) 55 kg; B) 550 kg;
C) 5,5 kg; D) 65 kg.

4. Tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan «Neksiya» avtomobili 20 s davomida tezligini 36 km/soatdan 72 km/soatga oshirdi. «Neksiya» avtomobili-ning tezlanishini toping (m/s^2):

- A) 18; B) 0,4; C) 20; D) 0,5.

5. $0,4 m/s^2$ 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 (m/s)?

- A) 0,4; B) 5; C) 4; D) 10.

6. 5 kilonyuton (kN) necha nyutonga teng?

- A) 5000; B) 0,05; C) 500; D) 0,5.

7. Temir yo'lda turgan vagon 4 kN kuch bilan tortilganida, u $0,2 m/s^2$ tezlanish bilan harakatlana boshladi. Vagonning massasini toping:

- A) 20 t; B) 4 t; C) 0,2 t; D) 0,4 t.

8. Nima sababdan muzlagan yo'lka va yo'llarga qum sepiladi?

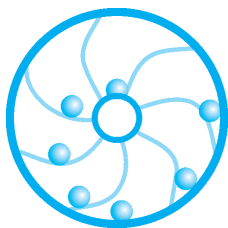
- A) muzning erishini tezlashtirish uchun;
B) ishqalanishni ko'paytirish uchun;
C) oyoq kiyimining tag charmi kamroq yeyilishi uchun;
D) yo'lka va yo'llarga mozaika chizish uchun.

9. Shayinli tarozida jismning qaysi parametri o'lchanadi?

- A) massasi; B) hajmi;
C) og'irligi; D) uzunligi.

QO‘SHIMCHA SAVOLLAR

1. Ikkita bir xil qayiqdan birida o‘tirgan bola ikkinchi qayiqni arqon bilan tortsa, ikkala qayiq bir xil suriladimi? Agar javob salbiy bo‘lsa, qaysi qayiq ko‘proq suriladi?
2. Osmonda turnalar galasi uchib ketmoqda. Ularning bir-biriga nisbatan harakati haqida nima deyish mumkin?
3. Nima uchun ko‘chish bosib o‘tilgan masofaga teng yoki kichik bo‘lishi mumkin, lekin katta bo‘la olmaydi?
4. Poyezd oynasidan qaralsa, tashqaridagi daraxtlar, uylar oyna yonidan chopib o‘tib turadi. Bunda oyna yaqinidagi predmetlar tezligi, oynadan uzoqdagi predmetlar tezligidan katta bo‘ladi? Nima sababdan?
5. Avtomobil oynasidan kuzatib boruvchi kishiga boshqa avtomobil g‘ildiragining harakati qanday ko‘rinadi?
6. Avtomobilning o‘ng va chap g‘ildiraklari burilishda bir xil yo‘l bosib o‘tadimi?
7. Yerda 5,6 m uzunlikka sakraydigan odam Oy yoki Marsda necha metr uzoqlikka sakrashi mumkin? Agar Yerning massasi Quyoshchalik katta bo‘lsa, bu uzunlik o‘zgaradimi?
8. Velosipedchi burilayotganida nima uchun burilayotgan tomonga og‘adi?
9. Normal atmosfera bosimi hamma shaharlarda bir xilmi? Bir xil bo‘lmasa, nima uchun?
10. Yer orbitasi bo‘ylab harakatlanayotgan kosmik kema ichida gugurtni yoqish mumkinmi?
11. Ishlatilayotgan arra qanday maqsadda moylab turiladi?
12. Nima uchun muz ustida sirpanib ketganimizda orqaga yiqilamiz?
13. Nima uchun parashyutda sakragan odam yerga parashyutsiz odamga nisbatan sekin tushadi?
14. Mayatnikli, qumli va burama soatlar Oyda ishlatilsa, Yerdagidek ishlaydimi? Nima uchun?
15. O‘tmishda yurtimizda «Qo‘qon arava» nomi bilan mashhur aravalar ishlatilgan. Ularning g‘ildiraklari otning bo‘yidan ham baland qilib yasalgan. Buning sababi nimada?
16. Odatda, otaravaning orqa g‘ildiragi oldidagidan kattaroq qilib yasalgan. Nima uchun?

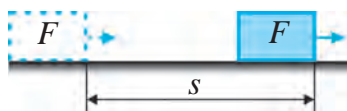


VII bob. ISH VA ENERGIYA. ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

Tabiatda 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 turi 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 hodisa va jarayonlar energiya orqali bir-biriga bog'langan. Ushbu bobda jismning mexanik harakatida bajarilgan ish, kinetik va potensial energiya, bu energiyalarning bir-biriga aylanishi, to'liq mexanik energiyaning saqlanishi va quvvatni o'rganamiz.

39-§. MEXANIK ISH

Mexanik ish va uning birliklari



128-rasm. F kuch ta'sirida jismning s masofaga ko'chishi

Kundalik hayotimizda ish deganda ishchi, muhandis, olimlarning foydali mehnatini tushunamiz. Lekin olimning qancha ish qilganligini o'lchab bo'lmaydi. Shuning uchun fizikada faqat o'lchab bo'ladigan kattalik – mexanik ish o'rganiladi. Arava unga ulangan otning tortish kuchi ta'sirida ma'lum masofaga yurdi.

Og'zi tiqin bilan berkitilgan suvli shisha idish qizdirilganida uning ichidagi bosim kuchining oshishi natijasida tiqin otilib chiqib, ma'lum masofaga borib tushadi, ya'ni mexanik ish bajariladi.

Kuch ta'sirida jismning tezligi kamaygan hollarda (masalan, ishqalinish kuchi) ham ish bajariladi. Agar bor kuchimiz bilan shkafni surishga harakat qilsak, u esa qo'zgalmay joyida turaversa, hech qanday mexanik ish bajarilmaydi. Jism o'z inersiyasi bilan doimiy tezlikda harakatlanayot-

Saqlanish qonunlari

gan va unga kuch ta'sir etmayotgan bo'lsa, u hech qanday mexanik ish bajar olmaydi.

Demak, mexanik ish bajarilishi uchun jismga kuch ta'sir etishi lozim va bu kuch ta'sirida jism ma'lum masofaga siljishi kerak. Masalan, tekis sirtida 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 (128-rasm):

$$A = F \cdot s. \quad (1)$$



Mexanik ish kuch va shu kuch yo'nalishida jism bosib o'tgan yo'lining ko'paytmasiga teng.

Jismga qancha katta kuch ta'sir etsa va bu kuch ta'sirida jism qancha katta masofani bosib o'tsa, bajarilgan ish ham shuncha ko'p bo'ladi.

Mexanik ish qo'yilgan kuchga hamda bosib o'tilgan yo'lga to'g'ri proporsionaldir.

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 kuch ta'sirida bajarilgani uchun, u 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

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

teng bo'ladi (129-a rasm). Agar kuch yo'nalishi jismning harakat yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, bu kuch musbat ish bajarigan bo'ladi. Lekin kuch yo'nalishi jismning harakat yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lsa (masalan, sirpanish yoki ishqalanishda), bu kuch manfiy ish bajarigan bo'ladi:

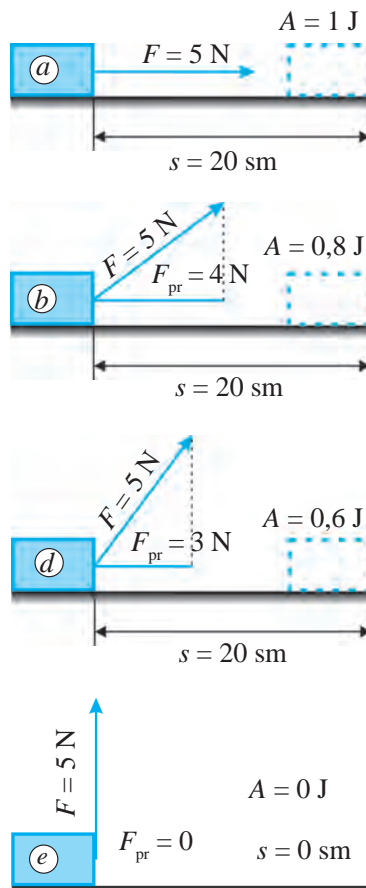
$$A = -Fs.$$

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 – tashkil etuvchisi olinadi. Masalan, jismga $F = 5 \text{ N}$ kattalikdagi kuch 129-b rasmda ko'rsatilgandek burchak ostida ta'sir etib, jism shu kuch ta'sirida 20 sm masofaga ko'chsin. Rasmdan ko'rinadiki, bu kuchning ko'chish yo'nalishiga proyeksiyasi $F_{pr} = 4 \text{ N}$ ni tashkil etadi. U holda bu kuchning bajarigan 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 bajarigan ishi ham kamayib borayotganligini ko'rsatadi. Masalan, 129-d rasmda jismga ta'sir etayotgan $F = 5 \text{ N}$ kuchning yo'nalishi bilan ko'chish orasidagi burchak 129-b rasmdagidan kattaroq bo'lgani uchun uning proyeksiyasi kichik, ya'ni $F_{pr} = 3 \text{ N}$ ni tashkil etadi. Bu holda kuchning bajarigan 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 bajarigan 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 (129-e rasm). Bu esa jismga ta'sir etuvchi kuch, ko'chish yo'nalishiga perpendikulyar yo'nalgan bo'lsa, ish bajarilmasligini ko'rsatadi.



129-rasm. Bajarilgan ishning kuch yo'nalishiga bog'liqligi

Saqlanish qonunlari

Masala yechish namunasi

Avtomobil 5 kN motor kuchi ta'sirida 3 km masofani bosib o'tdi. Avtomobil motori qancha ish bajargan?

Berilgan:
 $F = 5 \text{ kN} = 5\,000 \text{ N};$
 $s = 3 \text{ km} = 3\,000 \text{ m}.$

Topish kerak:
 $A = ?$

Formulasi:
 $A = Fs.$

Yechilishi:
 $A = 5\,000 \text{ N} \cdot 3\,000 \text{ m} =$
 $= 15\,000\,000 \text{ J} = 15 \text{ MJ}.$

Javob: $A = 15 \text{ MJ}.$



Tayanch tushunchalar: mexanik ish, ta'sir kuchining mexanik ishi, kuchning proyeksiyasi.



1. Shtangachi shtangani yuqoriga ko'tardi. Uning mushaklari elastiklik kuchlari bajargan ish bilan og'irlik kuchining ishi orasida qanday farq bor?
2. Harakatlanuvchi jismga qo'yilgan kuch qanday holda ish bajarmaydi?



1. Yerda turgan yukka 250 N kuch ta'sir etayotgan holda u shu kuch yo'nalishida 8 m masofaga sudrab olib borildi. Bunda qancha ish bajarilgan?
2. Aravachaga ma'lum bir burchak ostida kuch ta'sir etilib, u 15 m masofaga olib borildi. Agar aravachaga ta'sir etayotgan kuchning harakat yo'nalishiga proyeksiyasi 42 N bo'lsa, bu yerda qancha ish bajarilgan?
3. Yo'lda buzilib qolgan avtomobilni 3 kishi turtib, 480 m uzoqlikdagi ustaxonaga olib borishdi. Agar ulardan biri avtomobilga 150 N, ikkinchisi 200 N, uchinchisi esa 250 N kuch bilan ta'sir etib borgan bo'lsa, ularning har biri qanchadan ish bajarishgan? Ularning uchalasi birgalikda qancha ish bajargan?
4. Elektrovoz temiryo'l vagonlarini 2 km masofaga tortib borganda 240 MJ ish bajardi. Elektrovoz vagonlarni qanday kuch bilan tortib borgan?
5. Jism yuqoriga tik otildi. Quyidagi hollarda og'irlik kuchi ishining ishorasi qanday bo'ladi?
 - a) jism yuqoriga ko'tarilganda;
 - b) jism pastga tushganda.
6. Massasi 75 kg bo'lgan kishi binoga kiraverishdagi joydan 6-qavatga zinada chiqqanida qanday ish bajaradi? Har bir qavatning balandligi 3 m.
7. Yo'ldosh Yer atrofida orbita bo'ylab aylanadi. Raketa dvigateli yordamida yo'ldosh boshqa orbitaga o'tkazildi. Yo'ldoshning mexanik energiyasi o'zgardimi?

40-§. JISMNI KO‘TARISHDA VA UNI SHU MASOFAGA GORIZONTAL KO‘CHIRISHDA BAJARILGAN ISHNI HISOBLASH

(4-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: Jism vertikal va gorizontal yo‘l bo‘ylab ko‘chirilganda bajarilgan ishni mustaqil ravishda hisoblash.

Kerakli jihozlar: Laboratoriya tribometri, o‘quv dinamometri, santimetrli bo‘limlarga ega bo‘lgan o‘lchov tasmasi, 2 dona ikkita ilmoqli 100 g massali yuk, brusok, chizg‘ich.

Ishni bajarish tartibi

1. Jihozlardan 130-rasmda ko‘rsatilgan qurilmani yig‘ing.
2. Dinamometr yordamida brusok og‘irligini o‘lchang. So‘ngra brusokni yuqoriga tekis harakatlantirib, oldindan tasma yordamida o‘lchangan tribometr chizg‘ichi balandligiga ko‘taring. Bajarilgan ishning kattaligini quyidagi formula bilan hisoblang:

$$A = F_{og} \cdot h.$$

3. Tajribani uch marta takrorlang. Har tajribada brusokka 0,81 N; 1,81 N; 2,81 N yuklar osing va bu bajarilgan ish og‘irlik kuchini yengish uchun sarf bo‘lganini qayd qiling.

4. Topilgan natijalarni 5-jadvalga yozing.

5. Chizg‘ichni stolga qo‘yib, dinamometr yordamida brusokni chizg‘ich bo‘ylab birinchi holdagi masofaga bir tekis ko‘chiring. Bunda hosil bo‘lgan tortishish kuchini dinamometr ko‘rsatishi F_t dan aniqlang.

6. Ishni yana tortishish kuchi va yo‘lga ko‘ra hisoblang: $A = F_t \cdot s$. Diqqatingizni bu ish og‘irlik kuchini emas, balki ishqalanish kuchini yengishda bajarilganligiga qarating. So‘ngra brusokka 0,81 N; 1,81 N; 2,81 N yuklarni osib, tajribani uch marta takrorlang va har safar tortish kuchi bajargan ishni hisoblang. Topilgan natijalarni jadvalga yozing.

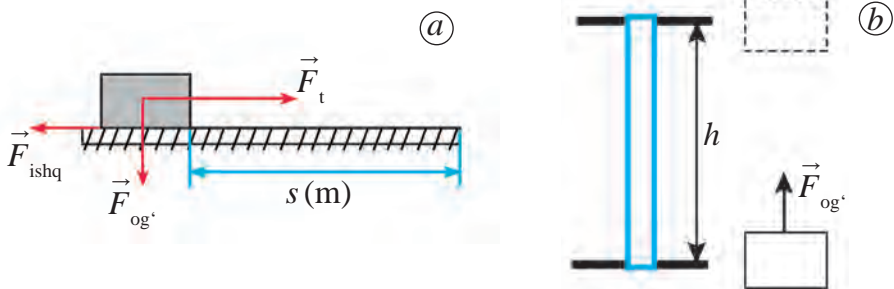
5-jadval

№	m, kg	h, m	F _{og} , N	s, m	F _{ish} , N	A _h , j	A _{tek} , j
1							
2							
3							

Saqlanish qonunlari

So'ngra brusokka 1 N, 2 N, 3 N yuklarni ortib (130-rasm), tajribani yana 2–3 marta takrorlang va har safar tortish kuchining bajarigan ishini hisoblang.

Olingan natijalarni taqqoslab, hamma vaqt yukni yuqoriga ko'tarishda bajarilgan ish uni shunday masofaga gorizontal yo'l bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ishdan kattaligini yoki kichikligini aniqlang.



130-rasm. Jismni ko'tarishda (a) va shu masofaga gorizontal ko'chirishda (b) bajarilgan ishni o'lchash qurilmasi

41-§. POTENSIAL ENERGIYA



131-rasm. Oasma soat

Ba'zan jismlar ishni bir zumda bajarmasdan, uzoq vaqt davomida bajarishi mumkin. Ular ish bajarish qobiliyatlarini uzoq vaqt saqlay oladi. Masalan, osma soatlarning maxsus toshlarini tepaga ko'tarib, biz ish bajaramiz (131-rasm). Natijada soat mexanizmi toshlar pastga tushishiga qadar ish bajarish qobiliyatiga ega bo'ladi. Og'irlik kuchi ta'sirida asta-sekin pastga tushayotgan toshlar soat mayatnik, g'ildirak va millarini aylantiradi. Toshlar pastga tushgan sari ularning ish bajarish qobiliyati kamayib boradi. Pastga tushgan toshlarni ko'tarib, ularning ish bajara olish qobiliyatini yana tiklash mumkin. Toshlarni ko'targanimizda ularning ish bajarish qobiliyati ortadi, pastga tushgan sari kamayib boradi va polga yoki yerga yetib kelganida butunlay tugaydi. Faqat ko'tarish bilangina emas, balki prujinani siqish yoki burash yordamida ham ish bajara olish qobiliyatini hosil qilish mumkin. Burama soat va o'yinchoqlar shu usulda ishlaydi. Shuningdek, jismni ma'lum tezlikda harakatlantirsak, unda ish bajara olish zaxirasini paydo qilamiz. Masalan, bolta bilan o'tin yorganda, ish bajariladi. Buning uchun boltaga katta

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

tezlik berishimiz kerak. Ko‘rilgan barcha misollarda jism vaziyati o‘zgartirilib, ish bajarilmoqda (yukni tushirib, siqilgan prujinani cho‘zib, tezlikdagi jism harakatini to‘xtatib). Bu o‘zgartirishlar sodir bo‘lmaguncha jism o‘zining ish bajarish qobiliyatini saqlab turadi.



Jismning o‘z vaziyatini o‘zgartirishi natijasida bajara olishi mumkin bo‘lgan ishi energiya deb ataladi.

«Energiya» so‘zi yunonchada «faollik» degan ma‘noni bildiradi. Energiyaning o‘zgarishi shu o‘zgarishlarni sodir qilish uchun sarflanadigan ish bilan o‘lchanadi.

Shuning uchun energiyani ish kabi birliklarda o‘lchash lozim. Uning asosiy birligi – joul (J). Mexanik energiya kinetik va potensial energiyaga bo‘linadi.

Faraz qilaylik, m massali jism h balandlikdan erkin tushmoqda (132-rasm). Bunda jism faqat Yerning tortish kuchi, ya‘ni $F_{og.} = mg$ og‘irlik kuchi ta‘sirida harakat qiladi. Jism h balandlikdan yerga tushguncha og‘irlik kuchi bajaradigan ish quyidagicha ifodalanadi:

$$A = F \cdot s = F_{og.} \cdot h \quad \text{yoki} \quad A = mgh. \quad (1)$$

Bajarilishi mumkin bo‘lgan bu ish shu jismning **potensial energiyasiga** teng. Demak, h balandlikda turgan m massali jismning bajarilishi mumkin bo‘lgan ishi, ya‘ni potensial energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

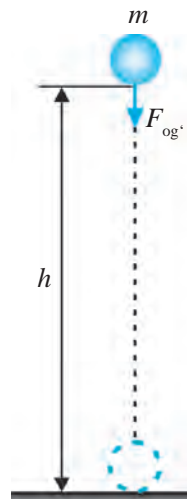
$$E_p = mgh. \quad (2)$$

(2) formulada ifodalangan potensial energiya o‘zaro ta‘sir etuvchi ikki jism – sharcha va Yerning bir-biriga nisbatan vaziyatiga bog‘liq.



O‘zaro ta‘sir qiluvchi jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan vaziyatiga bog‘liq bo‘lgan energiya potensial energiya deb ataladi.

Endi h_1 balandlikda turgan m massali jismning vaziyati h_2 ga o‘zgarishida bajarilgan ishni topaylik (133-rasm). Jismning bosib o‘tgan yo‘li $h = h_1 - h_2$ ekanligidan bajarilgan ishni quyidagicha ifodalash mumkin:



132-rasm.

Ishning og‘irlik kuchi ta‘sirida bajarilishi

Saqlanish qonunlari

$$A = mgh = mg(h_1 - h_2) \text{ yoki } A = mgh_1 - mgh_2. \quad (3)$$

$mgh_1 = E_{p1}$ – jismning h_1 balandlikdagi potensial energiyasi, $mgh_2 = E_{p2}$ – jismning h_2 balandlikdagi potensial energiyasi ekanligidan:

$$A = E_{p1} - E_{p2} \text{ yoki } A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (4)$$

Bunda «-» ishora jismning vaziyati h_1 balandlikdan h_2 balandlikka o'zgarib o'tishida jismning potensial energiyasi kamayishini ko'rsatadi.

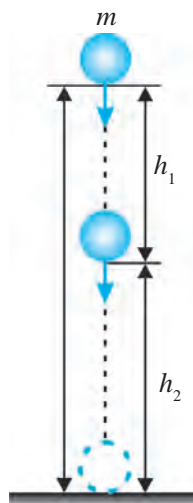
Demak,



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.



133-rasm.

Jism potensial energiyasining o'zgarishi

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:	Formulasi:	Yechilishi:
$m = 1 \text{ kg}; h_1 = 25 \text{ m};$	$E_{p1} = mgh_1;$	$E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 25 \text{ J} = 250 \text{ J};$
$h_2 = 15 \text{ m}; g = 10 \text{ m/s}^2.$	$E_{p2} = mgh_2;$	$E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 15 \text{ J} = 150 \text{ J};$
<u>Topish kerak:</u>	$A = -(E_{p2} - E_{p1}).$	$A = -(150 - 250) \text{ J} = 100 \text{ J}.$
$E_{p1} = ? E_{p2} = ? A = ?$	Javob: $E_{p1} = 250 \text{ J}; E_{p2} = 150 \text{ J}; A = 100 \text{ J}.$	



Tayanch tushunchalar: og'irlik kuchining bajarilgan 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?

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

4. Jism h_1 balandlikdan h_2 balandlikka tushganda og'irlik kuchining bajarigan ishi qanday ifodalanadi?

M
27

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.
4. Burama prujinali devor soat qanday energiya hisobiga ishlaydi?

42-§. KINETIK ENERGIYA

Jism tezligining o'zgarishida bajarilgan ish

Stol ustida turgan m massali jism F kuch ta'sirida ishqalanishsiz harakatlanib, a tezlanish olsin (134-rasm). t vaqt ichida jismning erishgan tezligi:

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

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:

$$A = Fs = ma \frac{v^2}{2a} \text{ yoki } \boxed{A = \frac{mv^2}{2}} \quad (5)$$

Bu formula m massali tinch turgan jism v tezlikka erishishi uchun bajarilgan ishni ifodalaydi.



134-rasm. v tezlikka erishgan sharchaning kinetik energiyasi

Saqlanish qonunlari

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, shuningdek, tezlik bilan harakatlanayotgan m massali jismning kinetik energiyasini ham ifodalaydi, ya'ni:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (7)$$



Jism yoki sistemaning o'z harakati tufayli ega bo'ladigan energiyasi kinetik energiya deyiladi. Jismning kinetik energiyasi uning massasi bilan tezligi kvadrati ko'paytmasining yarmiga teng.

(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 massasi 2 t li avtomobilning kinetik energiyasi qancha bo'ladi? Uning tezligi 90 km/soat ga yetganda-chi? Avtomobil tezligi bunday o'zgarishi uchun uning motori qancha ish bajargan?

Berilgan:

$$m = 2 \text{ t} = 2000 \text{ kg};$$

$$v_1 = 36 \text{ km/soat} = 10 \text{ m/s};$$

$$v_2 = 90 \text{ km/soat} = 25 \text{ m/s}.$$

Formulasi:

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}.$$

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}.$$

Yechilishi:

$$E_{k1} = \frac{2000 \cdot 10^2}{2} \text{ J} = 100\,000 \text{ J} = 100 \text{ kJ}.$$

$$E_{k2} = \frac{2000 \cdot 25^2}{2} \text{ J} = 625\,000 \text{ J} = 625 \text{ kJ}.$$

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

Topish kerak: $A = E_{k2} - E_{k1}$.

$E_{k1} = ?$ $E_{k2} = ?$ $A = ?$ Javob: $E_{k1} = 100$ kJ; $E_{k2} = 625$ kJ; $A = 525$ 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'zgariganda bajarilgan ish nimaga 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 massasi 1,2 t li avtomobilni to'xtatish uchun qancha ish bajarish kerak?
3. 10 m/s tezlik bilan ketayotgan velosiped tezligini 20 m/s ga qadar oshirishi uchun qanday ish bajarish kerak? Velosipedning (haydovchi bilan birgalikda) massasi 100 kg ga teng.
4. 72 km/soat tezlik bilan ketayotgan massasi 200 t li poyezd tezligini 144 km/soat ga 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.

43-§. MEXANIK ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

Massasi $m = 1$ kg li jism $h_1 = 45$ m balandlikdan tashlanganda uning potentsial va kinetik energiyalari qanday o'zgarishini ko'raylik (135-rasm). Bunda erkin tushish tezlanishi $g = 10$ m/s².

1-holat. $h_1 = 45$ m balandlikda jismning potentsial va kinetik energiyalari quyidagicha bo'ladi:

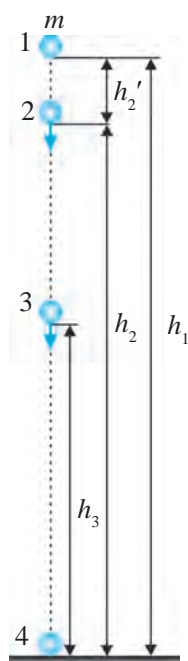
$$E_{p1} = mgh_1; E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 45 \text{ J} = 450 \text{ J};$$

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}; E_{k1} = \frac{1 \cdot 0^2}{2} \text{ J} = 0.$$



Yerdan ma'lum balandlikda tinch turgan jismning potentsial energiyasi maksimal qiymatga, kinetik energiyasi esa nolga teng bo'ladi.

Саqlanish qonunlari



135-rasm.
Jismning erkin tushishida energiyaning aylanishi

2-holat. Balandlikdan qo‘yib yuborilgan jism erkin tushishda $t = 1$ s da $h_2' = gt^2/2 = 10 \cdot 1^2/2$ m = 5 m masofani bosib o‘tadi. Binobarin, bu vaqtda jism yerdan $h_2 = h - h_2' = 45$ m – 5 m = 40 m balandlikda bo‘ladi. Bu vaqtda jismning tezligi $v_2 = gt_2 = 10 \cdot 1$ m/s = 10 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 jismning yerga urilish paytidagi potensial energiyasi nolga, kinetik energiyasi esa maksimal qiymatga teng bo‘ladi.

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

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 qavati 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 jism 3-qavatga zinadan olib tushilsa ham, liftda keltirilganda ham bu qavatda uning potensial energiyasi 120 J ga teng bo'ladi.

135-rasmda tasvirlangan jismning $h = 45$ m balandlikdan tushish davomida ko'rilgan 4 ta holatining har birida kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi qanday bo'ladi?

$$1\text{-holatda: } E_{p1} + E_{k1} = 450 \text{ J} + 0 = 450 \text{ J.}$$

$$2\text{-holatda: } E_{p2} + E_{k2} = 400 \text{ J} + 50 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

$$3\text{-holatda: } E_{p3} + E_{k3} = 250 \text{ J} + 200 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$

$$4\text{-holatda: } E_{p4} + E_{k4} = 0 + 450 \text{ J} = 450 \text{ J.}$$



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. Demak, jismning maksimal kinetik energiyasi uning maksimal potensial energiyasiga teng.

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) ifodalarning chap tomonlari bir xil kattalikni ifodalagani uchun o'ng tomonlarini tenglashtirish mumkin:

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (3)$$

Saqlanish qonunlari

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:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}, \quad (4)$$

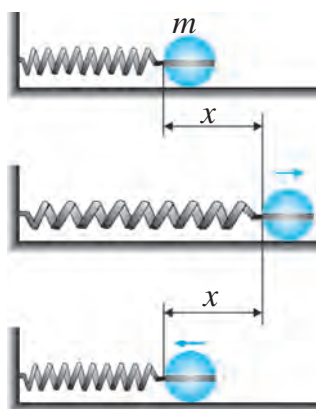
Bu tenglikning chap tomoni 1-holatdagi, o‘ng tomoni esa 2-holatdagi jismning to‘liq mexanik energiyasini aks ettiradi. Bu tenglik **mexanik energiya-ning saqlanish qonunini** ifodalaydi.

Demak, bir turdagi energiya ikkinchi turga o‘tishi mumkin, lekin bunda energiya miqdori o‘zgarmaydi.

Energiyaning saqlanish qonuni quyidagicha ta’riflanadi:



Yopiq sistemaning to‘liq mexanik energiyasi sistema qismlarining har qanday harakatida o‘zgarmay qoladi.



136-rasm. Prujina va jismdan iborat yopiq sistemada mexanik energiya-ning saqlanishi

Shu vaqtgacha Yerning tortish kuchi ta’sirida jismning harakati, ya’ni Yer va jismdan iborat bo‘lgan yopiq sistemadagi mexanik harakatini ko‘rdik. Mexanik energiya-ning saqlanish qonuni boshqa yopiq sistemalar uchun ham o‘rinlidir. Masalan, tayanch, prujina va jismdan iborat yopiq sistemani ko‘raylik.

Tayanchga o‘rnatilgan prujinaga m massali jismni mahkamlab, uni x masofaga tortib turaylik (136-rasm). Bunda jismning kinetik energiyasi $E_{k1} = mv_1^2/2 = 0$, potensial energiyasi esa $E_{p1} = kx^2/2$ bo‘ladi. Bu yerda k – prujinaning bikirligi. 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 bunday yopiq sistema uchun ham (4) formula, ya’ni mexanik energiya-ning saqlanish qonuni o‘rinli bo‘ladi.

Yuqorida prujinaning elastiklik kuchi ta’siridagi jismning harakatida jism tayanch sirtida ishqalanishsiz harakatlanadi, deb olindi.

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

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.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg};$ $v_0 = 15 \text{ m/s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$v = v_0 - at;$ $E_k = \frac{mv^2}{2};$ $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2};$	$v = 15 \text{ m/s} - 10 \cdot 1 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s};$ $E_k = \frac{0,2 \cdot 5^2}{2} \text{ J} = 2,5 \text{ J};$ $h = 15 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} \text{ m} = 10 \text{ m};$ $E_p = 0,2 \cdot 10 \cdot 10 \text{ J} = 20 \text{ J}.$
<i>Topish kerak:</i>	$E_p = mgh.$	<i>Javob:</i> $E_k = 2,5 \text{ J}; E_p = 20 \text{ J}.$
$E_k = ? E_p = ?$		

Agar ishqalanishli harakat bo'lsa, jism to'la mexanik energiyasining bir qismi issiqlik energiyasiga aylanib ketadi. Bunda jismning isib qolganligini sezish mumkin. Masalan, bir bo'lak temirni bolg'a bilan ursak, tepaga ko'tarilgan bolg'aning potensial energiyasi pastga tushish davomida tezlik olib, kinetik energiyaga aylanadi. Bolg'a temirga urilib to'xtagach, kinetik energiya nolga teng bo'lib qoladi. Bunda to'liq energiya temir bo'lagi shaklini o'zgartirishga, ya'ni uni deformatsiyalash va qizdirishga sarflanadi.

Masala yechish namunasi

80 m balandlikdan erkin tushayotgan 1 kg massali jism balandlikning yarmini o'tayotganida uning kinetik va potensial energiyalari nimaga teng? $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb olinsin.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$h_1 = 80 \text{ m};$ $h_2 = \frac{h_1}{2};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$E_{p1} = mgh_1;$ $E_{p2} = mgh_2;$ $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ tenglikda $E_{k1} = 0:$ $E_{k2} = E_{p1} - E_{p2}.$	$E_{p1} = 1 \cdot 10 \cdot 80 \text{ J} = 800 \text{ J};$ $h_2 = \frac{80}{2} \text{ m} = 40 \text{ m};$ $E_{p2} = 1 \cdot 10 \cdot 40 \text{ J} = 400 \text{ J};$ $E_{k2} = 800 \text{ J} - 400 \text{ J} = 400 \text{ J}.$
<i>Topish kerak:</i>		<i>Javob:</i> $E_{p2} = 400 \text{ J}; E_{k2} = 400 \text{ J}.$
$E_{p2} = ? E_{k2} = ?$		



Tayanch tushunchalar: jism potensial va kinetik energiyalarining aylanishi, to'liq mexanik energiya, mexanik energiyaning saqlanish qonuni.

Saqlanish qonunlari



1. 135-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.
2. 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.



1. 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?
2. Kopyor to'qmoq'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?
3. 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?
4. 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.
5. 136-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-§. JISM KINETIK ENERGIYASINING UNING TEZLIGI VA MASSASIGA BOG'LIQLIGINI ANIQLASH (5-laboratoriya ishi)

Ishning maqsadi: turli massali sharlar tezligini o'zgartirib, kinetik energiya ishqalanish kuchini yengishini kuzatish yordamida energiyaga oid bilimlarini mustahkamlash.

Kerakli jihozlar: turli massali 2 ta po'lat sharcha, metall nov, brusok, o'lchov tasmasi, sekundomer, shtativ.

Ishni bajarish tartibi

1. 137-rasmda ko'rsatilganidek shtativ yordamida novni qiya holatda o'rnatish. Novning pastki uchiga brusokni tirab qo'ying.

2. Novning o'rta qismiga kichik massali sharchani qo'ying va uni qo'yib yuborib, nov bo'ylab qanday dumalashi, yog'och brusokka kelib urilishi, ishqalanish kuchini yengishi va brusokni ma'lum masofaga siljitishini kuzatib boring.

3. Brusok siljib qolgan masofa Δl ni o'lchang.

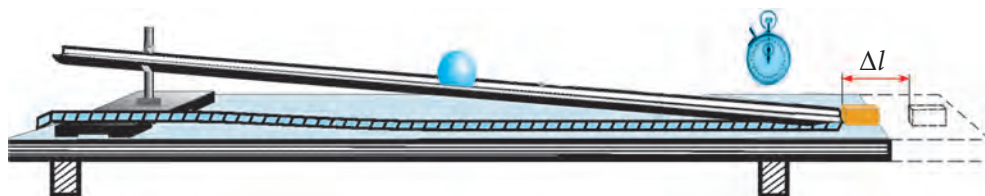
VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

4. Sharchani novning yuqori uchidan qo'yib yuborib, tajribani takrorlang.

5. Katta massali sharchani novning o'rta qismidan qo'yib yuboring va brusokning siljishini yana qayta o'lchang.

6. 1-laboratoriya ishidagi kabi masofa va vaqtni o'lchab, sharcha olgan tezlanishni toping. Tezlanish va vaqt ko'rsatkichlaridan foydalanib, sharchaning brusokka urilish vaqtidagi tezligini aniqlang va $E_k = \frac{mv^2}{2}$ formuladan kinetik energiyani toping.

7. Brusokning surilishida bajarilgan ish va kinetik energiya orasidagi bog'lanish natijalarini tahlil qiling va xulosa chiqaring.



137-rasm. Jism kinetik energiyasining uning tezligi va massasiga bog'liqligini kuzatish uchun qurilma

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 yuqoriga 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 bajarilgan ishi bilan ifodalanadi:

$$N = \frac{A}{t}.$$



Bajarilgan ishning shu ishni bajarish uchun sarflangan vaqtga nisbati 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

Saqlanish qonunlari

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 orasidagi munosabatlar 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 energiyaning yana bir-birligini kiritishga imkon beradi. Mexanik ishning birligi 1 W quvvatli mexanizmning 1 s davomida bajargan ishiga teng. Bu birlik *vatt-sekund* (W · s) deb ataladi. Quvvatni ish bajarish tezligi deb atash mumkin. Transport vositalarining quvvati *ot kuchi* deb ataluvchi maxsus birlikda o‘lchanadi. Taxminan 736 W bo‘lgan mexanizmning quvvati 1 ot kuchiga teng, ya‘ni:

$$1 \text{ ot kuchi} \approx 736 \text{ W}.$$

Quvvat, kuch va tezlik orasidagi munosabatlar

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 unga 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‘nalgandir. Shuning uchun avtomobil s masofani bosib o‘tganida, 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

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

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.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$m_1 = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg};$	$A_1 = m_1 gh;$	$A_1 = (10\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ J} = 3\,000\,000 \text{ J};$
$m_2 = 2 \text{ t} = 2\,000 \text{ kg};$	$A_2 = m_2 gh;$	$A_2 = (2\,000 \cdot 10 \cdot 30) \text{ J} = 600\,000 \text{ J};$
$h = 30 \text{ m};$		
$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s};$	$N_1 = \frac{A_1}{t};$	$N_1 = \frac{3\,000\,000}{60} \text{ W} = 50\,000 \text{ W} = 50 \text{ kW};$
$g = 10 \text{ m/s}^2.$	$N_2 = \frac{A_2}{t}.$	$N_2 = \frac{600\,000}{60} \text{ W} = 10\,000 \text{ W} = 10 \text{ kW}.$
<i>Topish kerak:</i>		
$N_1 = ? \quad N_2 = ?$		<i>Javob:</i> $N_1 = 50 \text{ kW}; N_2 = 10 \text{ kW}.$



Tayanch tushuncha: quvvat.



1. Quvvat nima? U qanday birliklarda ifodalanadi?
2. Quvvat, kuch va tezlik orasidagi munosabat qanday ifodalanadi?
3. Ish va energiya joul (**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 gorizontalsirtida 5 s davomida 15 m masofaga tekis harakatlantirib borildi. Sirpanuvchi sirtlarning ishqalanish koeffitsiyenti 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 koeffitsiyenti 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 KOEFFITSIYENTI

Tabiatda energiyaning aylanishi va saqlanishi

Energiyaning saqlanish qonuni faqat mexanik hodisalar doirasidagina emas, balki boshqa barcha fizik hodisalarda ham o‘rinli. Bu hodisalarda energiya bir turdan boshqa turga 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 potensial 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 koeffitsiyenti

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 sarflayotgan energiyaning qancha qismi foydali ish berishini ko‘rsatadigan kattalik – foydali ish koeffitsiyenti (qisqacha FIK) kiritilgan.



Foydali ishning sarflangan ishga nisbati bilan o‘lchanadigan kattalik foydali ish koeffitsiyenti deb ataladi va η harfi bilan belgilanadi.

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

Har qanday mexanizmning foydali ish koeffitsiyentini foiz 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 isrof bo'ladi va shu sababli FIK har doim birdan kichik bo'ladi.

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.

<i>Berilgan:</i>	<i>Formulasi:</i>	<i>Yechilishi:</i>
$N_t = 10 \text{ kW} = 10\,000 \text{ W};$ $m = 5000 \text{ kg}; h = 27 \text{ m};$ $t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s};$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	$A_t = N_t t;$ $A_f = mgh;$ $\eta = \frac{A_f}{A_t} \cdot 100 \%$	$A_t = (10\,000 \cdot 180) \text{ J} = 1\,800\,000 \text{ J}.$ $A_f = (5000 \cdot 10 \cdot 27) \text{ J} = 1\,350\,000 \text{ J}.$ $\eta = \frac{1\,350\,000}{1\,800\,000} \cdot 100 \% = 75 \%$
<i>Topish kerak:</i>		<i>Javob:</i> $\eta = 75 \%$.
$\eta = ?$		



Tayanch tushunchalar: tabiatda energiyaning aylanishi, tabiatda energiyaning saqlanishi, Quyoshning yorug'lik energiyasi, gidroelektrstansiya, foydali ish koeffitsiyenti.



1. Tabiatda energiyaning aylanishini tushuntirib bering.
2. «Energiya hech vaqt bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan bor bo'lmaydi», deganda nima tushunasiz?
3. Foydali ish koeffitsiyenti 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 FIKni toping.
2. Ko'tarma kran 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.

Saqlanish qonunlari

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 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 potensial 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 potensial 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 cm^2 bo'lgan po'lat g'olani 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 tezligi 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 potensial va kinetik energiyasini toping.
11. Tosh yuqoriga 20 m/s tezlik bilan otildi. Qanday balandlikda toshning kinetik va potensial 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.

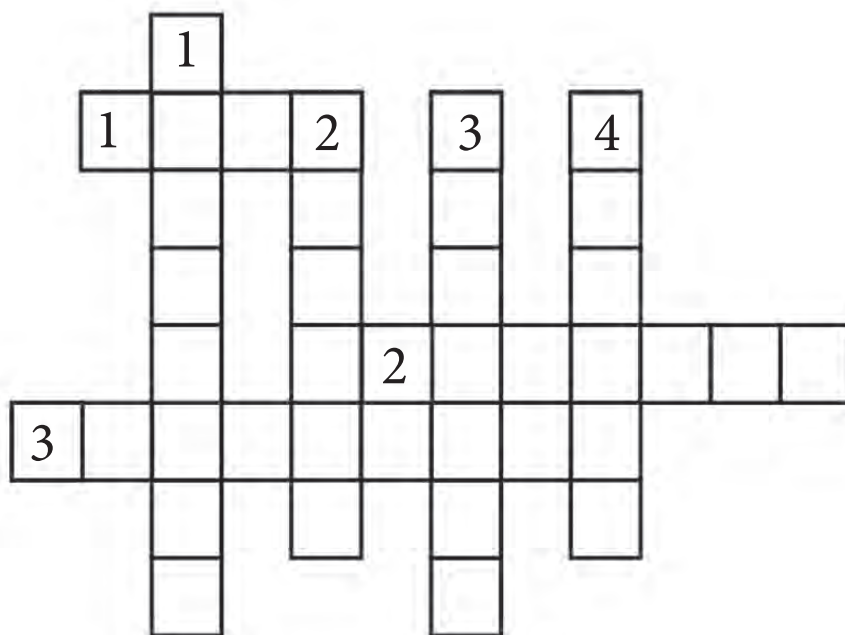
VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

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.

Krossvord

- Eniga:
1. O'lchov birligi.
 2. Fizika fanining taraqqiyotiga ulkan hissa qo'shgan vatandoshlarimizdan biri.
 3. Fizika so'zini fanga kiritgan olim.

- Bo'yiga:
1. Fizika bo'limlaridan biri.
 2. Kosmonavtlar transporti.
 3. Energiya turi.
 4. Turtki degan ma'noni bildiradigan fizik kattalik.



LABORATORIYA ISHLARIDA O'LGHASH XATOLIKLARINI HISOBLASH

Fizik kattaliklarni laboratoriya mashg'ulotlarida o'lchash bevosita va bilvosita bajariladi. Bevosita o'lchashda asbob izlanayotgan kattalikning qiymatini ko'rsatadi.

Fizik kattaliklarning hammasini bevosita o'lchab bo'lmaydi. Shuning uchun izlanayotgan fizik kattalik bevosita o'lchab topilgan kattaliklar orqali hisoblab topiladi. Fizik kattalikni bunday aniqlash bilvosita o'lchash deyiladi. Bilvosita o'lchashda absolyut va nisbiy xatoliklarni hisobga olish zarur.

Fizik kattalikni o'lchashda bir xil sharoitda o'lchangan qiymatlar $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ olinadi. Ularning o'rtacha arifmetik qiymati

$$a_{o'rt} = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n) / n$$

ifodadan topiladi.

O'lchash vaqtida topilgan qiymatlar bir-biridan farq qilib, ularning o'rtacha qiymatdan farqi ayrim o'lchashlarning **absolyut xatoligi** deyiladi.

Birinchi o'lchashdagi absolyut xatolik $\Delta a_1 = |a_{o'rt} - a_1|$, ikkinchi $\Delta a_2 = |a_{o'rt} - a_2|$, uchinchi $\Delta a_3 = |a_{o'rt} - a_3|$, va n chi $\Delta a_n = |a_{o'rt} - a_n|$ ifodalardan topiladi. So'ngra absolyut xatoliklarning o'rtacha qiymati $\Delta a_{o'rt} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n) / n$ ifodadan aniqlanadi.

Fizik kattalikning haqiqiy qiymati topilgan o'rtacha qiymatdan $\pm a_{o'rt}$ qadar farq qiladi, ya'ni $a = a_{o'rt} + \Delta a_{o'rt}$. Shuningdek, absolyut xatolik o'rtacha qiymatining o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha qiymatiga nisbati **nisbiy xatolik** deb ataladi va u foiz hisobida olinadi, ya'ni

$$\varepsilon = (\Delta a_{o'rt} / a_{o'rt}) \cdot 100 \%$$

MASHQLARNING JAVOBLARI

2-mashq. 1. $v = 1,5$ m/s. 2. $v = 5$ m/s. 3. $v = 80$ km/soat. **3-mashq.** 1. $s = 60$ m. 2. $s = 30$ km. 3. $t = 10$ min. 4. $t = 0,5$ soat. **4-mashq.** 1. $v_{o'rt} = 0,5$ m/s. 2. $v_{o'rt} = 90$ km/soat. 3. $v = 1,5$ m/s. 4. Soat 7^{40} da. **5-mashq.** 1. $a = 2,5$ m/s². 2. $t = 30$ s. 3. $a_1 = 0,5$ m/s²; $a_2 = -1,0$ m/s². 4. $a = 0,5$ m/s². 5. $t = 50$ s. **6-mashq.** 1. $v = 12$ m/s. 2. $v = 15$ m/s. 3. $v = 24$ km/soat; $v_{o'rt} = 42$ km/soat. 4. $v_0 = 5$ m/s. **7-mashq.** 1. $s = 15$ m. 2. $s = 1,4$ km. **8-mashq.** 1. $v = 60$ m/s; $h = 180$ m. 2. $t = 4$ s; $h = 80$ m. 3. $v = 45$ m/s; $h = 45$ m. **9-mashq.** 1. $v = 5$ m/s; $h = 30$ m. 2. $h = 90$ m; $t = 6$ s. 3. $v = -10$ m/s; $h = 75$ m. 4. $v = 60$ m/s. 5. $h = 45$ m; $v_0 = 30$ m/s. **10-mashq.** 1. $v_1 = 0,5$ m/s; $v_2 = 1$ m/s; $v_3 = 1,5$ m/s; $\omega = 10$ rad/s. 2. $v = 10$ m/s. 3. $v = 0,05$ mm/s; $\Delta\varphi = 1$ rad; $\omega \approx 0,0017$ rad/s. 5. $v \approx 21$ sm/s; $\omega \approx 0,00105$ rad/s. **11-mashq.** 1. $v \approx 0,21$ m/s; $\omega \approx 0,21$ rad/s. 2. $T \approx 0,19$ s; $v \approx 5,3$ 1/s; $\omega \approx 33,3$ rad/s. 3. $v \approx 465$ m/s; $\omega \approx 7,3 \cdot 10^{-5}$ rad/s. **12-mashq.** 1. $a = 100$ m/s². 2. $a \approx 1786$ m/s². 3. $a \approx 1875$ m/s². 4. $r = 57,6$ sm. 5. $T = 0,05$ s; $v = 18,84$ m/s; $\omega = 125,6$ rad/s; $a \approx 2366$ m/s². **14-mashq.** 3. $a = 2$ m/s²; $m = 40$ kg. 4. $F = 20$ N. **15-mashq.** 1. $v = 7,85$ m/s; $F \approx 4,9$ N. 2. A. $v = 7,85$ m/s; $F \approx 9,8$ N. B. $v = 15,7$ m/s; $F \approx 9,8$ N. D. $v = 3,925$ m/s; $F \approx 1,2$ N. **16-mashq.** 1. $k = 80$ N/m. 2. $\Delta l = 2$ sm. 3. $F_t = 40$ N. 4. $\Delta l = 1$ sm. 5. $k = 4 \cdot 10^5$ N/m. 6. $k_2 = 500$ N/m. **17-mashq.** 1. $F \approx 2 \cdot 10^{20}$ N. 2. $F \approx 1,7 \cdot 10^{-7}$ N. 3. $F = 8,17 \cdot 10^{-8}$ N. **18-mashq.** 1. $F = F_{o'g} = 2$ kN. 3. $m = 2$ t. **19-mashq.** 1. $P = 0,5$ N. 2. $P = 0,8$ N. 3. $P = F_{el} = 2$ N. **20-mashq.** 1. $P = 6$ N. 3. $a = 3$ m/s². **21-mashq.** 1. $h = 45$ m; $s = 4$ m. 2. $t = 5$ s; $h = 125$ m. 3. $v_1/v_a = 355,5$; $v_1/v_s = 31,6$. **22-mashq.** 1. $F = 3,84 \cdot 10^{-6}$ N. 2. $F = 0,67$ N. 3. $F = 3,5 \cdot 10^{-22}$ N. 4. $F = P = 1000$ kN. 5. $m = 10$ t. 6. $F = 9,8$ N; 7. $P = 666$ N. 8. $P = 657$ N. 9. 4716 km. **23-mashq.** 1. $F_{13} = 20$ N. 2. $F = 12$ N. 3. $F_{i(d)} = 0,06$ N. 4. $F_{i(d)} = 3,6$ N. **24-mashq.** 1. $I_1 = 20$ N·s; $I_2 = 1$ N·s. 2. $I = 10$ N·s. 3. $\Delta p = -0,3$ N·s. **25-mashq.** 1. $m = 30$ t. 2. $v^j = 4,5$ m/s. 3. $v^l = 4,5$ m/s. **26-mashq.** 1. $A = 2$ kJ. 2. $A = 630$ J. 3. $A_1 = 72$ kJ; $A_2 = 96$ kJ; $A_3 = 120$ kJ; $A_{um} = 283$ kJ. 4. $F = 120$ kN. 5. a) manfiy; b) musbat. 6. $A = 12,25$ J. **27-mashq.** 1. $E_p = 80$ J. 2. $E_{p1} = 100$ J; $E_{p2} = 240$ J; $A = -140$ J. 3. $A = 9,6$ kJ. **28-mashq.** 1. $E_k = 12,5$ J; 2. $A = 240$ kJ; 3. $A = 10$ kJ; 4. $A = 80$ kJ. 5. $m = 1349$ kg. **29-mashq.** 1. $E_k = 5$ J; $E_p = 40$ J. $E_{max} = 45$ J. 2. $E_{p2} = 18$ kJ; $E_{k2} = 0$; $m = 300$ kg. 3. $E_p = 90$ J. 4. $h = 40$ m. **30-mashq.** 1. $N = 100$ W. 2. $N = 24$ W. 3. $N = 1$ kW. 4. $F = 7,2$ kN. **31-mashq.** 1. $\eta = 40\%$. 2. $t = 1$ min 40 s. 3. $F = 5040$ N. 4. $\eta = 20\%$.

QO‘SHIMCHA MASHQLARNING JAVOBLARI

II bob. 1. $v = 5 \text{ m/s}$; $v = 18 \text{ km/soat}$. 2. $S = 60 \text{ km}$. 3. $t = 12 \text{ min}$. 4. a) 25 m/s ; b) 15 m/s . 5. $l_1 = 270 \text{ m}$; $l_2 = 360 \text{ m}$. 6. $t_{\text{oq,q}} = 2 t_{\text{oq,b}}$. 7. $v_{\text{o'rt}} = 72 \text{ km/soat}$. 8. $t_2 = 20 \text{ s}$. 9. $S_2 = 72 \text{ sm}$. 10. $S = 38,75 \text{ m}$. 11. $S = 40 \text{ m}$; $v = 90 \text{ m/s}$. 12. $S = 25 \text{ m}$. 13. $t = 8 \text{ s}$. 14. $v = 55 \text{ m/s}$. 15. $h = 720 \text{ m}$; $v = 120 \text{ m/s}$. 16. $v_{\text{o'rt}} = 45 \text{ km/soat}$;

III bob. 1. $v = 0,6 \text{ 1/s}$; $T = 1,67 \text{ s}$; $v = 1,88 \text{ m/s}$; $\omega = 3,76 \text{ rad/s}$. 2. $T = 0,05 \text{ s}$; $v = 20 \text{ 1/s}$; $\omega = 125,6 \text{ rad/s}$. 3. $v = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ 1/s}$; $v = 1 \text{ km/s}$. 4. $v = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ 1/s}$; $v = 30 \text{ km/s}$. 5. $v = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}$; $a = 0,034 \text{ m/s}^2$. 6. $v = 2,65 \text{ 1/s}$. 7. $a = 0,225 \text{ m/s}^2$. 8. $a = 1570 \text{ m/s}^2$. 9. $v_2/v_1 = 1/20$. 10. 4 marta;

IV bob. 1. $F = 20 \text{ N}$. 2. $F = 0,1 \text{ N}$. 3. $m = 20 \text{ t}$. 4. $F = 0,8 \text{ N}$. 5. $a = 0,5 \text{ m/s}^2$. 6. $a = 3 \text{ m/s}^2$. 7. a) 2 m/s ; b) 3 m/s . 8. $F = 1,6 \text{ kN}$. 9. $v = 2 \text{ m/s}$. 10. $a = 1,5 \text{ m/s}^2$. 11. $a = 1,5 \text{ m/s}^2$. 12. $F = 800 \text{ N}$. 13. $F = 4 \text{ N}$; $a = 40 \text{ m/s}^2$. 14. $F_2 = 4F_1$; $a_2 = 4a_1$. 15. $m = 250 \text{ g}$. 16. $F = 1 \text{ N}$. 17. $m = 200 \text{ kg}$; $a = 12,5 \text{ m/s}^2$. 18. $k = 20 \text{ N/m}$. 19. $k = 125 \text{ N/m}$. 20. $m = 300 \text{ g}$. 21. $\Delta l = 6 \text{ sm}$. 22. $k_2 = 160 \text{ N/m}$. 23. $\Delta x = 14 \text{ sm}$.

V bob. 3. $F = 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ N}$. 5. $M_g = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. 6. $P = 3,58 \text{ kN}$. 7. $P = 118 \text{ N}$. 8. $h = 20 \text{ m}$. 10. $F_{\text{ishq}} = 20 \text{ N}$; $\mu = 0,04$. 13. $R = 40 \text{ m}$;

VI bob. 4. $I_1 = 1 \text{ N}\cdot\text{s}$; $I_2 = 40 \text{ N}\cdot\text{s}$. 5. $p_1 = 0,3 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $p_2 = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $p_3 = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$. 6. $p = 0,5 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$. 7. $p_1 = 30000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $p_2 = 40000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $p_1^1 = 12000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$; $p_2^1 = 18000 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$. 8. $\Delta p = -0,24 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$. 9. $v = 1,8 \text{ m/s}$. 10. $v = 3 \text{ m/s}$. 12. $x = 1 \text{ m}$. 13. $\Delta p = -0,03 \text{ N/s}$.

VII bob. 1. $A = 300 \text{ J}$. 2. $E_p = 32 \text{ J}$. 3. $A_2 = 17 \text{ kJ}$. 4. $E_k = 1800 \text{ J}$; $E_p = 0 \text{ J}$. 5. $A = 3600 \text{ J}$. 6. $A = 246 \text{ kJ}$. 7. $A = 10 \text{ J}$. 8. $v = 10 \text{ m/s}$; $m = 1 \text{ kg}$. 9. $A = 600 \text{ J}$. 10. $E_k = 200 \text{ J}$; $E_p = 100 \text{ J}$. 11. $h = 10 \text{ m}$. 12. $A = 200 \text{ J}$. 13. $N = 100 \text{ W}$. 14. $\eta = 40 \%$;

MUNDARIJA

Kirish.....	3
KINEMATIKA ASOSLARI	
I bob. Mexanik harakat haqida umumiy ma'lumotlar	
1-§. Jismlarning xarakati	8
2-§. Fazo va vaqt	11
3-§. Kinematikaning asosiy tushunchalari	14
4-§. Skalyar va vektor kattaliklar hamda ular ustida amallar	18
II bob. To'g'ri chiziqli harakat	
5-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat haqida tushuncha	26
6-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat tezligi	28
7-§. To'g'ri chiziqli tekis harakatning grafik tasviri	32
8-§. Notekis harakatda tezlik	34
9-§. Tekis o'zgaruvchan harakatda tezlanish	37
10-§. Tekis o'zgaruvchan harakat tezligi	40
11-§. Tekis o'zgaruvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l	44
12-§. Tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan jism tezlanishini aniqlash (1-laboratoriya ishi)	47
13-§. Jismlarning erkin tushishi	48
14-§. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati	50
III bob. Tekis aylanma harakat	
15-§. Jismning tekis aylanma harakati	56
16-§. Aylanma harakatni tavsiflaydigan kattaliklar orasidagi munosabatlar ..	59
17-§. Markazga intilma tezlanish	62
DINAMIKA ASOSLARI	
IV bob. Harakat qonunlari	
18-§. Jismlarning o'zaro ta'siri. Kuch	69
19-§. Nyutonning birinchi qonuni — inersiya qonuni	72
20-§. Jism massasi	76
21-§. Nyutonning ikkinchi qonuni	78
22-§. Nyutonning uchinchi qonuni	82
23-§. Harakat qonunlarining aylanma harakatga tatbiqi	86
24-§. Elastiklik kuchi	88
25-§. Prujina bikirligini aniqlash (2-laboratoriya ishi)	93
V bob. Tashqi kuchlar ta'sirida jismlarning harakati	
26-§. Butun olam tortishish qonuni	97
27-§. Og'irlik kuchi	100
28-§. Jismning og'irligi	102

29-§. Yuklama va vaznsizlik	105
30-§. Yerning tortish kuchi ta'sirida jismlarning harakati	108
31-§. Yerning sun'iy yo'ldoshlari	112
32-§. Ishqalanish kuchi. Tinchlikdagi ishqalanish	115
33-§. Sirpanish ishqalanish. Dumalash ishqalanish	118
34-§. Sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash (3-laboratoriya ishi) ..	122
35-§. Tabiatda va texnikada ishqalanish	123

SAQLANISH QONUNLARI

VI bob. Impulsning saqlanish qonuni

36-§. Impuls	130
37-§. Impulsning saqlanish qonuni	135
38-§. Reaktiv harakat	140

VII bob. Ish va energiya. Energiyaning saqlanish qonuni

39-§. Mexanik ish	147
40-§. Jismni ko'tarishda va shu masofaga gorizonttal ko'chirishda bajarilgan ishini hisoblash (4-laboratoriya ishi)	151
41-§. Potensial energiya	152
42-§. Kinetik energiya	155
43-§. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni	157
44-§. Jism kinetik energiyasining uning tezligi va massasiga bog'liqligini aniqlash (5-laboratoriya ishi)	162
45-§. Quvvat	163
46-§. Tabiatda energiyaning saqlanishi. Foydali ish koeffitsiyenti.....	166
Ilova. Laboratoriya ishlarida o'lchash xatoliklarini hisoblash.....	170
Mashqlarning javoblari	171
Qo'shimcha mashqlarning javoblari.....	172

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, 2017. — 176 b.

KBK 22.3ya72

O'quv nashri

HABIBULLAYEV PO'LAT QIRG'IZBOYEVICH
BOYDEDAYEV AHMADJON
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH
BURXONOV SATTOR OSIMOVICH

F I Z I K A

Umumiy o'rta ta'lim maktablarining
7-sinfi uchun darslik
(O'zbek tilida)

Qayta ishlangan va to'ldirilgan to'rtinchi nashri

«O'zbekiston milliy ensiklopediyasi»
Davlat ilmiy nashriyoti
Toshkent–2017

Muharrir A. Zulfiqorov
Badiiy rassom A. Yoqubjonov
Sahifalovchi dizayner J. Badalov
Musahhah L. Hasanova

2017-yil 03.07 da bosishga ruxsat etildi. Bichimi 70x100 1/16.
«Times New Roman» garniturasida, kegl 12,5. Ofset bosma. Shartli bosma
tabog'i 14,19. Nashr tabog'i 12,00. Adadi 441 433. 4789-sonli buyurtma.

«O'zbekiston milliy ensiklopediyasi» Davlat ilmiy nashriyoti.
100011, Toshkent sh., Navoiy ko'chasi, 30.

«Sharq» nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasi bomaxonasida bosildi.
100000, Toshkent shahri, Buyuk Turon ko'chasi, 41.

Ijaraga berilgan darslik holatini ko'rsatuvchi jadval

№	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.

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, 2017. — 176 b.

KBK 22.3ya72

O'quv nashri

HABIBULLAYEV PO'LAT QIRG'IZBOYEVICH
BOYDEDAYEV AHMADJON
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH
BURXONOV SATTOR OSIMOVICH

FIZIKA

Umumiy o'rta ta'lim maktablarining
7-sinfi uchun darslik
(O'zbek tilida)

Qayta ishlangan va to'ldirilgan to'rtinchi nashri

«O'zbekiston milliy ensiklopediyasi»
Davlat ilmiy nashriyoti
Toshkent–2017

Muharrir A. Zulfiqorov
Badiiy rassom A. Yoqubjonov
Sahifalovchi dizayner J. Badalov
Musahhah L. Hasanova

2017-yil 03.07 da bosishga ruxsat etildi. Bichimi 70x100 1/16.
«Times New Roman» garniturasida, kegl 12,5. Ofset bosma. Shartli bosma
tabog'i 14,19. Nashr tabog'i 12,00. Adadi 53 889. 4789-A sonli buyurtma.

«O'zbekiston milliy ensiklopediyasi» Davlat ilmiy nashriyoti.
100011, Toshkent sh., Navoiy ko'chasi, 30.

«Sharq» nashriyot-matbaa aksiyadorlik kompaniyasi bomaxonasida bosildi.
100000, Toshkent shahri, Buyuk Turon ko'chasi, 41.