



TABIATNI O'RGANISHDA FIZIKANING O'RNI. FIZIKA VA TEXNIKA TARAQQIYOTI

Fizika tabiat hodisalarining eng sodda va shu bilan birga eng umumiy qonunlarini, materiyaning xossalari, tuzilishi va uning harakat qonunlarini o'rganadigan fandır.

Fizika so'zi yunoncha „phyuzis“ — „tabiat“ so'zidan olingan bo'lib, uning qonunlari barcha tabiatshunoslik bilimlarining asosidir. Shuning uchun ham uni uzoq vaqt tabiat falsafasi deb ham ataganlar. Tajriba materiallarining ko'payishi, ularning ilmiy umumlashtirilishi va tekshirish usullarining takomillashtirilishi natijasida tabiat falsafasidan — astronomiya, kimyo, biologiya, geologiya va boshqa tabiiy fanlar, jumladan, fizika ham ajralib chiqqan. Shuning uchun ham fizikaning boshqa tabiiy fanlar bilan chegarasi shartli bo'lib, vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Inson bilimining chuqurlashuvi bu fanlar orasida yanada chambarchas bog'lanish mavjudligini ko'rsatdi. Buning natijasi sifatida esa astrofizika, fizik kimyo, biofizika, geofizika kabi fanlar vujudga keldi.

Tabiat qonunlarini chuqur o'rganish bizni o'rab turgan dunyo materiyaligini, ya'ni bizning ongimizdan tashqarida ham mavjudligini ko'rsatadi. Bizni o'rab turgan barcha mavjudot va bizning o'zimiz ham, jumladan, fizikada ko'p foydalaniladigan modda va maydon ham materiyaning ajralmas qismlaridir. Materiya doimo harakatda bo'ladi, ya'ni vaqt o'tishi bilan ularning o'zaro joylashuvi, shakli, o'lchamlari, agregat holati, fizik va kimyoviy xossalari o'zgarib turadi. Harakat materiyaning ajralmas xossasi va mavjudlik shartidir.

Materiya makon (fazo) va zamonda (vaqtda) mavjuddir. Tabiatdagi barcha jarayonlar ma'lum ketma-ketlikda va ma'lum vaqtda davom etadi. Vaqt tabiat hodisalarining ketma-ketligini va chekli davom etishini ko'rsatsa, fazo jismlarning bir-biriga nisbatan joylashuvini ko'rsatib, ular orasidagi masofani aniqlaydi. O'z vaqtida fazo va vaqtning xususiyatlari tabiatdagi jarayonlarni ma'lum qolipda saqlab turuvchi saqlanish qonunlariga tayanch bo'lib xizmat qiladi. Bularning hammasi fizikaning falsafa bilan naqadar chuqur bog'lanib ketganligining nishonasidir.

Fizika tajribaviy fan bo'lib, uning qonunlari tajriba natijalariga asoslanadi. Tajriba ma'lum qonunlarni tekshirish va yangi natijalarni aniqlash uchun o'tkaziladi. Nazariya esa topilgan natijalarga tayanib tabiat qonunlarini shakllantiradi, ma'lum hodisalarni tushuntiradi va ba'zan yangi hodisalarni bashorat qiladi.

O'rganilayotgan obyektlarning turiga qarab fizika yadro fizikasi, elementar zarralar fizikasi, atom va molekular fizikasi, qattiq jismlar fizikasi, plazma fizikasi va hokazolarga bo'linadi.

Fizika o'rganilayotgan jarayonlar va materiya harakatining shakliga qarab: moddiy nuqta va qattiq jism mexanikasi, yaxlit muhit mexanikasi, termodinamika va statistik mexanika, elektrodinamika, tortishish nazariyasi, kvant mexanikasi, kvant maydon nazariyasi kabi bo'limlarga bo'linadi.

Texnika fanga asoslangan va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga yordam beruvchi, inson tomonidan yaratilgan barcha qurilmalar va vositalar to'plamidir.

Fizika texnika bilan ham chambarchas bog'langan. Fizika va texnikaning bog'lanishi quyida ikki tomonlama namoyon bo'ladi:

Fizika — odamlarning turmush ehtiyoji sifatida vujudga keladi. Qadimda mexanikaning rivojlanishiga qurilish va harbiy ehtiyojlar turtki bo'lgan. Shuningdek, rus injeneri I. Polzunov (1728—1766) tomonidan uzluksiz ishlovchi bug' mashinasining loyiha qilinishi, ingliz ixtirochisi J. Uatt tomonidan (1736—1819) universal bug' dvigatelinin yasalishi bug' mashinalari foydali ish koeffitsiyentini oshirish yo'llarini izlashni taqozo etgan. Natijada termodinamika jadal sur'atda rivojlangan.

Fizikaning rivojlanishi ishlab chiqarishning texnikaviy darajasiga ta'sir ko'rsatadi.

Fizikada kashfiyotlar amalga oshirilgandan so'ng, ularni ishlab chiqarishga tatbiq etish bilan shug'ullanuvchi mutaxassislar maydonga chiqadilar va fizika bilan chambarchas bog'langan yangi fanlar paydo bo'ladi.

XIX asrning oxiri va XX asrning boshida elektromagnit hodisalarga bog'liq ko'plab jarayonlar kashf etildi.

L. Galvani (1737—1798) va A. Volta (1745—1827) kabi olimlar tomonidan tok manbalari — galvanik elementlarning, M. Faradey (1791—1867) tomonidan elektromagnit induksiya hodisasining, A. Popov (1857—1906) tomonidan radioning kashf qilinishi, nemis fizigi G. Gers (1857—1894) tomonidan elektromagnit to'lqinlar mavjudligining isbotlanishi elektrotexnika, radiotexnikaning rivojlanishiga sabab bo'ldi.

Shuningdek, atom va yadro fizikasi sohasidagi kashfiyotlar atom energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini yaratdi. Hozirgi paytda ko'plab atom elektr stansiyalari, atom energiyasida ishlovchi muzyorar va suvosti kemalari ishlab turibdi.

Yarimo'tkazgichlarning kashf qilinishi radio va elektron hisoblash texnikasida inqilobiy o'zgarishlarni amalga oshirdi. Zamonaviy televizorlar, magnitofonlar, kompyuterlar va boshqa vositalarning yaratilishiga asos bo'lib xizmat qildi. Kosmosning o'zlashtirilishi va undan amalda foydalanish natijasida esa dunyoning istalgan chekkasidan uzatilayotgan radio va televizion eshittirishlarni qabul qilish, simsiz so'zlashuv vositalarini yaratish imkoni yaratildi.

Yarimo'tkazgichli fotoelementlarning yaratilishi sun'iy yo'l-doshlarni energiya bilan ta'minlashga, quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib, ekologik toza energiya olishga imkon yaratdi. Natijada elektrotexnika, radiotexnika, yadro texnikasi, issiqlik texnikasi, geliotexnika, elektronika kabi fanlar vujudga keldi. Insonning og'irini yengillashtirishga xizmat qilayotgan fizik kashfiyotlar natijalarini yana ko'plab keltirish mumkin.

Fizikaning rivojlanish tarixiga oid ma'lumotlar

Fizik jarayonlar juda qadim zamonlardan hattoki eramizdan oldin ham odamlarning diqqat markazida bo'lgan. Moddalarning atomlardan tashkil topganligi to'g'risidagi ta'limot Demokrit, Epikur, Lukretsiylar tomonidan olg'a surilgan. Olamning geosentrik sistemasi (Yer olamning markazi) haqidagi ta'limot Ptolemey tomonidan yaratilgan. Shuningdek, eramizdan oldin Qadimgi Yunonistonda richag (tayanch), yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi va qaytishi to'g'risidagi, gidrostatikada Arximed qonunlari yaratildi. Elektr va magnit hodisalariga aloqador ba'zi oddiy hodisalar kuzatildi. Bularning barisi eramizdan oldingi IV asrda Aristotel tomonidan umumlashtirilib, yagona sistemaga solindi. Lekin shuni ta'kidlash lozimki, uning fikricha bilishning asosiy vositasi tajriba bo'lmay, aqliy mulohaza yuritish bo'lgan. Bundan so'ng uzoq vaqt davomida fizikaning rivojlanishiga hissa qo'shadigan arzigulik ishlar kuzatilmagan. XVII asrga kelib italiyalik mashhur fizik G. Galiley (1564—1642) harakatni matematik tenglamalar yordamida ifodalash zarurligini tushundi. U, Aristoteldan farqli o'laroq, jismlarning biror jismga ta'siri natijasida u tezlik emas, balki tezlanish olishini ko'rsatdi. Galiley (1609) inersiya, jismlarning erkin tushishi qonunlarini (1604—1609) yaratdi. Yorug'likning tezligini o'lchash maqsadida tajriba o'tkazdi. Shunga qaramasdan, ingliz fizigi I. Nyuton (1643—1727) tomonidan kashf etilgan klassik mexanikaning yaratilishi XVII asrning eng ulkan yutug'i bo'lib hisoblanadi. U o'zining 1687-yilda chop etilgan „Natural filosofiyaning matematik asoslari“ asarida

dinamikaning uchta asosiy qonuni va butun olam tortishish qonunini bayon qildi.

Fizika rivojining keyingi bosqichi J. Maksvell (1831—1879) tomonidan (1860—1865- yillarda) elektromagnit maydon nazariyasining yaratilishi bo'ldi. 1888- yilda G. Gers (1857—1894) elektromagnit to'lqinlarning mavjudligini tajribada isbotladi.

Keyingi muhim voqealar 1895- yilda V. Rentgen (1846—1923) tomonidan o'z nomi bilan ataluvchi nurlarning, 1896-yilda A. Bekkerel (1822 — 1908) tomonidan tabiiy radioaktivlikning kashf qilinishidir. 1905- yilda A. Eynshteyn (1879—1955) maxsus nisbiylik nazariyasini e'lon qildi. Shu yili u fotoeffekt uchun o'z formulasini yozdi. 1911- yilda E. Rezerford (1871—1937) va 1913- yilda N. Bor (1885—1962) atomning planetar modelini yaratdilar.

Yuqoridagi kashfiyotlar kvant fizikasiga asos bo'ldi. Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi yaratildi.

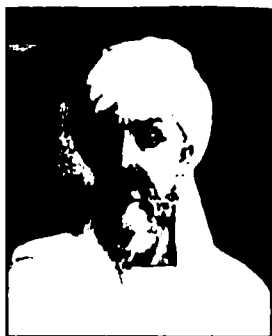
Shuni qayd etish kerakki, olamning hozirgi fizikaviy manzarasi ma'lum bo'lishiga qadar juda ko'plab dadil g'oyalar olg'a surildi va kashfiyotlar qilindi. Fizika sohasidagi bilimlarini chuqurlashtirishni xohlovchilar, albatta, ular bilan tanishadilar. Endi esa tabiatni o'rganish ilmiga buyuk bobolarimiz, Sharq allomalarining qo'shgan hissalariga to'xtalib o'taylik.

Tabiatni o'rganish ilmiga O'rta Osiyo buyuk allomalarining qo'shgan hissalarini

O'zbekiston — ilm-fan va madaniyat qadimdan taraqqiy topgan mamlakatlardan biri. Unda, ayniqsa, astronomiya, matematika, tibbiyot, kimyo, to'qimachilik, me'morchilik, ma'danshunoslik, kulolchilik, falsafa, musiqa, tilshunoslik, adabiyotshunoslik yaxshi rivojlangan.

O'rta Osiyo, xususan, O'zbekiston hududida olib borilgan arxeologik qazishmalar va tadqiqotlar buni yaqqol isbotlab bermoqda.

Sharq allomalarining buyuk vakillari bo'lmish Muso al-Xorazmiy va Muhammad al-Farg'oniy kabi olimlar Bag'dod akademiyasi „Bayt ul-Hikma“ („Donolar uyi“) da o'z tadqiqotlarini olib borganlar. Abu Abdulloh Muhammad ibn Muso al-Xorazmiy (780-y. da Xivada tug'ilib, 850-y. da Bag'dodda vafot etgan) matematika, astronomiya, geografiya sohasida asarlar yaratgan. „Al-Jabr“ (algebra) fani va „algoritm“ tushunchasiga asos solgan. Uning „Hisob al-Hind“ va „Astronomik jadvallar“ asarlari XII asrdayoq lotin tiliga



Ibn Sino



Mirzo Ulug'bek



Al-Xorazmiy

tarjima qilinib, Yevropada keng tarqalgan o'qli sanoq sistemasi va „algoritm“ tushunchasining yoyilishiga olib kelgan.

Abdul Abbas Ahmad ibn Muhammad ibn Kashr al-Farg'oniy ham astronomiya, geografiya, matematika fanlari bilan shug'ullangan (790- y.da Farg'ona vodiysida tug'ilib, 865- y. da Bag'dodda vafot etgan). Farg'oniy Quyosh tutilishini oldindan hisoblab chiqqan. Yerning zoldirsimon ekanligini ilmiy isbotlagan, meridian uzunligini hisoblagan, Nil daryosining

oqimini o'lchash uchun asbob yasagan va unga doir risolalar yozgan. Uning „Yulduzlar ilmi va samoviy harakatlar haqida to'plam“ nomli qomusiy asari ko'plab tillarga tarjima qilingan.

O'sha davrda yashagan buyuk Sharq allomalaridan yana biri Abu Nasr Muhammad al-Forobiydir (873- y. da Chimkent viloyatida tug'ilib, 960- y. da Damashqda vafot etgan). Turli sohalarga oid 160 dan ortiq asarlar yozgan.

O'n birinchi asrda Xorazm poytaxti Urganchda „Bilimdonlar uyi“ — „Ma'mun akademiyasi“ tashkil etilgan bo'lib, falsafa, matematika va tib ilmlari sohasida ilmiy izlanishlar olib borilgan. Buyuk mutafakkirlar: Abu Ali ibn Sino, Abu Rayhon Beruniy, Abu Sahl Masihiy va boshqalar bu akademianing a'zolari bo'lishgan.

Qomusiy olim va mutafakkir Abu Rayhon Muhammad ibn Ahmad al-Beruniy (973- y. da Xorazmda tug'ilib, 1048- yilda G'aznada vafot etgan) birinchi globusni yasagan. 150 dan ortiq kitob va risolalar yozgan. Geliotsentrik sistema to'g'risidagi fikrlari bilan fan taraqqiyotiga katta hissa qo'shgan.



Beruniy



Forobiy

Abu Ali ibn Sino — qomusiy olim, mutafakkir, faylasuf, shoir (980- y. da Buxoro yaqinidagi Afshona qishlog'ida tug'ilib, 1037- y. da Isfaxonda vafot etgan). Asarlarining soni 280 dan ortiq. Ulardan 40 dan ortig'i tibbiyotga, 30 dan ortig'i tabiiy fanlar va musiqaga oid, qolganlari falsafa, mantiq, axloq, ilohiyot, ijtimoiy-siyosiy mavzularda.

XV asrda Mirzo Ulug'bek Samarqandda akademiya tashkil qildi. Uning qoshida yaxshi jihozlangan rasadxona, boy kutubxona va oliy o'quv yurti — madrasa bor edi.

Muhammad Tarag'ay Ulug'bek (1394- yilda Sultoniya shahrida tug'ilgan, 1449- yilda o'ldirilgan) dunyodagi eng yirik astronomiya maktabini yaratgan. Katta ilmiy va madaniy meros qoldirgan. Shulardan biri „Ulug'bek ziji“ („Ziji Ko'ragoniy“) dir. Shogirdlari bilan mingdan ortiq yulduzlar ro'yxatini tuzgan.

Mashhur astronom va matematik olim — Nasriddin Tusiy (Abu Ja'far Muhammad ibn Muhammad ibn Hasan (1201—1274)) astronomiya va matematika fanlari taraqqiyotiga katta hissa qo'shgan. Uning „Axloqi Nasriy“ va „Tajrid“, shuningdek mineralogiya, tibbiyot, fizika, mantiq, falsafa va boshqa sohalarga oid ko'plab asarlari mavjud.

Matematik va astronom Qozizoda Rumiy (Salohiddin Muso ibn Muhammad, 1360—1437) Mirzo Ulug'bekning ustoz bo'lgan. Rumiy „Aflotuni zamon“ (o'z davrining Platoni) nomini olgan.

Atoqli matematik va astronom al-Koshiy (G'iyosiddin Jamshid Koshiy, taxminan 1430- y. da vafot etgan) birinchi bo'lib matematikaga o'nli kasrlarni kiritdi va nazariy asosladi, sin 1° va π sonini o'nli sistemada 17 xonagacha aniqlik bilan hisobladi.

Mashhur astronom Ali Qushchi (Mavlono Alouddin Ali ibn Muhammad Qushchi, 1403—1474) matematika va astronomiyaga

doir risolalar yozgan. U fasllar almashinuvi, Oy va Quyosh tutilishini ilmiy-tabiiy jihatdan to'g'ri tushuntirib bergan.

Yuqorida nomlari qayd etilgan buyuk mutafakkirlarning tabiiy fanlar, matematika, tibbiyot, falsafa, tilshunoslik sohalaridagi ishlari, kashfiyotlari butun dunyo ilm-fanining taraqqiyotiga katta hissa qo'shdi, ayrim fan sohalarining yuqori bosqichga ko'tarilishiga, yangi yo'nalishlar paydo bo'lishiga olib keldi. Buyuk bobolar ruhiga yuksak hurmat va ehtiromda bo'lgan keyingi avlodlar ularning ishlarini munosib davom ettirishmoqda. Bunga O'zbekistonda fizika taraqqiyoti sohasida olib borilayotgan ishlar yaqqol misol bo'la oladi.

O'zbekistonda fizika va texnika taraqqiyoti sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar

O'zbekiston mustaqillikka erishgandan so'ng ilm-fanning rivojiga alohida e'tibor berilmoqda. Hozirda O'zbekiston Fanlar akademiyasining ilmiy tarmoqlar bo'yicha sakkizta bo'limi mavjud. Ulardan biri fizika-matematika fanlari bo'limidir. Uning tarkibiga fizika sohasida faoliyat ko'rsatayotgan quyidagi ilmiy tekshirish institutlari kiradi: Yadro fizikasi instituti, „Fizika-Quyosh“ ilmiy-ishlab chiqarish birlashmasi, Elektronika instituti, Astronomiya instituti, Issiqlik fizikasi bo'limi. Hozirgi paytda O'zbekistonda fizikaning quyidagi yo'nalishlari bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda:

Issiqlik fizikasi — asosan, akademik P. Q. Habibullayev (1936—2010) yaratgan ilmiy maktabda olib borilib, uning asosini O'zbekiston Fanlar akademiyasining issiqlik fizikasi bo'limi tashkil qiladi. Ilmiy ishlar: bir jinsli bo'lmagan muhitlar issiqlik fizikasi, lazer nurlarining jismlar bilan o'zaro ta'sirlashuvi, yuqori haroratli o'ta o'tkazuvchanlik yo'nalishlariga taalluqlidir.

Yadro fizikasi — bu sohadagi ishlar, asosan, Yadro fizikasi institutida olib boriladi. Ular O'zbekistonda 20-yillardan boshlangan. Lekin muntazam tadqiqotlar Fizika-texnika institutida akademik S. A. Azimov (1914—1988) rahbarligida olib borilgan. 1956-yilda esa Yadro fizikasi instituti tashkil qilingan. Hozir bu yerda: yadro spektroskopiyasi va yadro tuzilishi, yadro reaksiyalari, maydonning kvant nazariyasi, elementar zarralar fizikasi, relativistik yadro fizikasi va boshqa yo'nalishlar bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Quyosh texnikasi fizikasi (geliotexnika) — bu yo'nalishning asosiy maqsadi quyosh nuri energiyasini issiqlik energiyasiga



U. Orifov
(1909 – 1976)



S.A. Azimov
(1914 – 1988)



P. Habibullayev
(1936 – 2010)

aylantirishning fizik asoslarini ishlab chiqish va ular asosida yuqori samarali geliotexnik qurilmalarni yaratishga qaratilgan. Bu tarmoqning rivojlanishida akademiyaning muxbir a'zosi G'. Umarovning (1921—1988) xizmatlari katta. Hozirgi paytda xonadonlarni issiq suv va issiqlik bilan ta'minlovchi quyosh isitgichlari, meva quritgichlar, sho'r suvlarni chuchuklashtiruvchi qurilmalar, quyosh energiyasi asosida ishlovchi boshqa moslamalardan xalq xo'jaligida keng foydalanilmoqda.

Qiyin eruvchi materiallar fizikasi. Yuqori haroratli materialshunoslikka oid bunday tadqiqotlar 1976-yildan boshlab S. Azimov va boshqalar tomonidan keng ko'lamda o'tkazila boshlandi. Bu tadqiqotlarda to'plangan quyosh nuri bilan materiallarga termik ishlov berish usuli asos qilib olindi. Shu maqsadda 1987-yilda Toshkent viloyatining Parkent tumanida 1000 kW quvvatli katta quyosh sandoni qurib bitkazildi. Bunday qurilma shu paytga qadar Fransiyaning Odeyo shahridagina mavjud edi. Qurilmaning fokus masofasi 18 m bo'lib, u 54×42 m o'lchamga ega va 62 ta bir xil o'lchamdagi geliostatlardan iborat. 1993-yilda esa „Fizika — Quyosh“ ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi tarkibida „Materialshunoslik“ ilmiy-tekshirish instituti tashkil qilindi.

Yuqori energiyalar fizikasi sohasidagi ishlar akademik S. Azimov rahbarligida Fizika-texnika institutida boshlangan. Tadqiqotlar, asosan, ikki yo'nalishda olib borilmoqda: kosmik nurlar fizikasi va juda katta energiyagacha tezlashtirilgan zarra va yadrolarning nuklonlar hamda yadrolar bilan ta'sirlashuvlarini o'rganish.

Fizikaviy elektronika. O'zbekistonda bu sohadagi dastlabki tadqiqotlar o'tgan asrning 30- yillarida boshlangan. Bu sohaning

keyingi rivojlanishi, fizik-elektronchilar ilmiy maktabining vujudga kelishi, ko'p jihatdan akademik U. Orifov (1909—1976) nomi bilan bog'liq. 1967- yilda Fanlar akademiyasining elektronika instituti tashkil qilindi. Hozirgi paytda ushbu yo'nalishdagi ishlar sirt diagnostikasi va qattiq jism sirtining fizik-kimyoviy xossalari kerakli yo'nalishda o'zgartirishning metodik asoslarini ishlab chiqishga hamda yarim o'tkazgich va konstruksion materiallar olish va ularga ishlov berishning zamonaviy ion-nur texnologiyalarini yaratishga qaratilgan.

Yarimo'tkazgichlar fizikasi — bu sohadagi ilmiy-tadqiqot ishlari yigirmanchi asrning 30- yillarida boshlangan. Bu ishlar ko'plab ilmiy-tekshirish institutlari va oliy o'quv yurtlarida olib borilmoqda. Yarimo'tkazgichlar fizikasi sohasida o'zbek olimlarining yutuqlari ham talaygina. Jumladan, quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi o'zgartkichlar, yuqori kuchlanishli fotoelektrik generatorlar, ikkiyoqlama sezgir fotoo'zgartkichlar ishlab chiqildi va ular asosida fotoelektrik qurilmalarning modullari yaratildi.

Fizik kattaliklarning Xalqaro birliklar sistemasi

M a z m u n i: fizikaviy qonunlar, fizik kattalik, birliklar sistemasi; birliklar sistemasining tanlanishi; Xalqaro birliklar sistemasi; hosilaviy birliklar.

Ma'lumki, fizika fanining asosiy tekshirish uslubi — tajribadir. Tajribalar natijasini tushuntirish, asoslash maqsadida ilmiy nazariyalar yaratiladi. Bularning hammasi tabiatda mavjud bo'lgan obyektiv qonuniyatlarni o'rganishga va natijada ularga oid fizik qonunlarning yaratilishiga olib keladi. Fizik qonunlar fizik kattaliklar orasidagi ma'lum munosabatlar vositasida ifodalanadi.

Fizik kattalik deb, miqdor jihatdan har bir fizik obyekt uchun xususiy, lekin sifat jihatdan ko'plab obyektlar uchun umumiy bo'lgan va ularning biror xossasini ifodalovchi kattalikka aytiladi.

Fizik kattalikni ham miqdor, ham sifat jihatdan to'la ifodalaydigan kattalikka uning haqiqiy qiymati deyiladi.

Fizik kattaliklarning qiymatlari doimo takomillashtirilib boriladigan tajribalar yordamida aniqlanadi va ularni solishtirish kelishilgan birliklarni (birlik sistemasini) kiritilishini taqozo etadi.

Fizik kattaliklar sistemasi asosiy va hosilaviy kattaliklardan iboratdir. Asosiy fizik kattaliklar yettita bo'lib, ularning uchtasi moddiy dunyoning asosiy xossalari ifodalovchi: uzunlik, massa, vaqtdir. Qolgan to'rttasi: tok kuchi, termodinamik harorat, modda miqdori va yorug'lik kuchi fizikaning biror bo'limidan olingan.

Fizik kattalikning son qiymati uning kattaligini ko'rsatadi va u tanlangan birlikka bog'liq. **Fizik kattalikning birligi deb, har bir fizik kattalikni miqdoriy ifodalash uchun qo'llaniladigan, shartli ravishda son qiymati birga teng deb belgilangan o'lchamli fizik kattalikka aytiladi.** Odatda, birlik kattalikning belgisi yordamida quyidagicha ko'rsatiladi: $[s] = 1 \text{ m}$; $[m] = 1 \text{ kg}$ va hokazo. Fizik kattaliklarning asosiy va hosilaviy birliklarining to'plami birliklar sistemasini tashkil qiladi.

Fizik kattaliklarning Xalqaro birliklar sistemasi (SI — sistema international) 1960-yilda o'lchov va tarozilar bo'yicha bosh konferensiyada qabul qilingan bo'lib, yettita asosiy birlik — metr, kilogramm, sekund, amper, kelvin, mol, kandela va ikkita qo'shimcha birlik — radian va steradianlardan tuzilgan:

metr (m) — yorug'likning bo'shliqda $1/299792 458 \text{ s}$ da o'tadigan yo'lining uzunligi;

kilogramm (kg) — kilogrammning xalqaro timsolining massasiga teng massa (Parij yaqinidagi Sevr shahrida o'lchov va tarozilar xalqaro byurosida saqlanayotgan platina-iridiy qotish-masining massasi);

sekund (s) — seziiy-133 atomi asosiy holatining ikkita o'ta nozik sathlari orasidagi o'tishga mos keluvchi nurlanish davrining 9192631770 tasiga teng bo'lgan vaqt;

kelvin (K) — suv uchlamchi nuqtasi termodinamik haroratining 273,15 dan bir qismiga teng harorat birligi;

amper (A) — bo'shliqda bir-biridan 1 m masofada parallel joylashgan, ingichka, cheksiz uzun o'tkazgichlardan o'tganida shu o'tkazgichlarning orasida ular uzunligining har bir metriga $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ — o'zaro ta'sir kuchi vujudga keltiradigan o'zgarimas tok kuchidir;

mol (mol) — tarkibiy elementlari, 0,012 kg massali ^{12}C nuklidida mavjud bo'lgan tarkibiy elementlarga teng sistemaning modda miqdori;

kandela (kd) — $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ chastotali monoxromatik nurlanish chiqaradigan manbaning, energetik kuchi $1/683 \text{ W/sr}$ bo'lgan yo'nalishdagi yorug'lik kuchi;

radian (rad) — ikki radius orasida joylashgan va qarshisidagi yoyning uzunligi aylana radiusiga teng bo'lgan burchak;

steradian (sr) — sfera sirtidan tomoni sfera radiusidek bo'lgan kvadratning yuzasiga teng yuzani ajratuvchi, uchi sfera markazida bo'lgan fazoviy burchak.

Hosilaviy birliklar fizik qonunlarga asosan aniqlanadi.



Sinov savollari

1. Fizika fanining asosiy tekshirish uslubi nima?
2. Fizik qonunlar deb qanday qonunlarga aytiladi?
3. Fizik kattalik deb qanday kattalikka aytiladi?
4. Fizik kattalikning haqiqiy qiymati nima?
5. Asosiy fizik kattaliklar.
6. Asosiy fizik kattaliklar qanday tanlangan?
7. Fizik kattalikning birligi.
8. Xalqaro birliklar sistemasi qachon qabul qilingan?
9. Birliklar sistema-sining kiritilishidan maqsad nima?
10. Xalqaro birliklar sistemasidagi asosiy va qo'shimcha birliklar va ularning aniqlanishi.
11. Hosilaviy birliklar qanday aniqlanadi?



Jismlarning, yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan vaziyatining o'zgarishiga **mexanik harakat** deyiladi.

Fizikaning mexanik harakat qonunlari, hamda bu harakatni vujudga keltiruvchi va o'zgartiruvchi sabablarini o'rganuvchi bo'limiga **mexanika** deyiladi.

Mexanika — o'rganilayotgan jismlarning o'lchamlari va tezliklariga qarab klassik, relativistik va kvant mexanikalariga ajratiladi.

Klassik mexanika

Tezliklari yorug'likning bo'shliqdagi tezligidan juda kichik bo'lgan makrojismlarning harakat qonunlarini o'rganadi. Klassik mexanikaning asosiy qonunlari italiyalik fizik va astronom G. Galiley tomonidan aniqlangan bo'lib, ingliz olimi I. Nyuton tomonidan mukammal tavsiflangandir.

Relativistik mexanika

Yorug'likning bo'shliqdagi tezligiga yaqin bo'lgan tezliklar bilan harakatlanuvchi jismlarning harakat qonunlarini o'rganadi. Relativistik mexanika A. Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi asosida yaratilgan mexanikadir.

Kvant mexanikasi

Kvant mexanikasida mikrojismlarning (atomlar va elementar zarralarning) harakat qonunlari o'rganiladi.

Mexanika uch qismga bo'linadi:

1. Kinematika.
2. Dinamika.
3. Statika.

Kinematika — jismlarning harakat qonunlarini, bu harakatni vujudga keltiruvchi sabablarni e'tiborga olmay o'rganadi.

Dinamika — jismlarning harakat qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi va o'zgartiruvchi sabablar bilan birgalikda o'rganadi.

Statika — jismlar sistemasining muvozanat qonunlarini o'rganadi va fizikada dinamika qonunlari bilan birgalikda ko'riladi.



Mexikaning jismlar harakati qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi sabablarsiz o'rganadigan bo'limiga kinematika deyiladi. Kinematikaning asosiy vazifasi harakatni xarakterlovchi kattaliklarni aniqlash va uni formulalar, grafiklar, jadvallar yordamida tavsiflashdir.



1-§. Harakat haqida umumiy tushuncha. Jismlarning fazodagi vaziyatini aniqlash. Sanoq sistemasi

M a z m u n i : moddiy nuqta va absolut qattiq jism tushunchalari; ilgarilanma va aylanma harakat; sanoq sistemasi; moddiy nuqta harakatining kinematik tenglamasi.

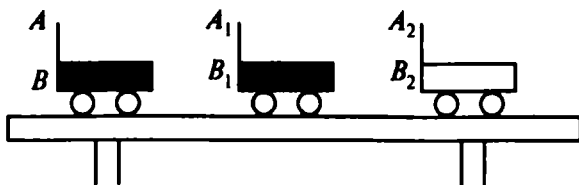
Solishtirish usuli bilan o'rganish. Shuni alohida qayd etmoq kerakki, insonning eng yuksak intellektual qobiliyati solishtirish yordamida o'rganishdir. Boshqacha aytganda, o'rganilayotgan jism harakati, undan soddaroq bo'lgan, fizik model sifatida tanlab olingan jism harakati bilan *solishtirish* yordamida o'rganiladi.

Eng soddamodel sifatida moddiy nuqta tushunchasidan foydalaniladi.

Moddiy nuqta. Moddiy nuqta deb, ma'lum massaga ega bo'lgan va harakati o'rganilayotgan holda shakli va o'lchamlarini hisobga olmaslik mumkin bo'lgan jismga aytiladi. Moddiy nuqta tushunchasi nisbiy bo'lib, u o'rganilayotgan masalaga bevosita bog'liq. Masalan, sayyoralarning Quyosh atrofidagi orbitalar bo'ylab harakati o'rganilganda, ularni moddiy nuqta sifatida qarash mumkin. Ayni paytda Yer shari atrofida harakatlanayotgan ulkan sun'iy yo'ldoshni Yerga nisbatan moddiy nuqta sifatida qarash mumkin.

Absolut qattiq jism. Mexanikada ko'p foydalaniladigan modelardan yana biri absolut qattiq jism tushunchasidir. *Absolut qattiq jism* deb, hech qanday holatda ham deformatsiyalanmaydigan, boshqacha aytganda har qanday kuch ta'sirida ham istalgan ikkita zarrasi orasidagi masofa o'zgarmay qoladigan jismga aytiladi.

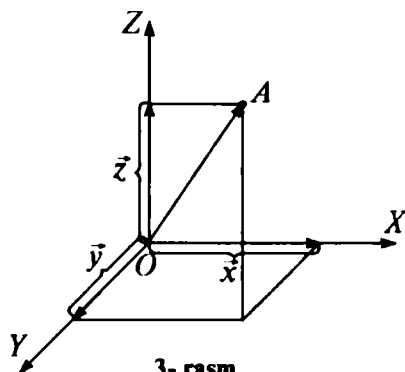
Ilgarilanma harakat. Har qanday harakatni ham ilgarilanma, ham aylanma harakatlar yig'indisi sifatida qarash mumkin.



1- rasm.



2- rasm.



3- rasm.

Agar qattiq jismning istalgan nuqtasiga biriktirilgan to'g'ri chiziq harakat davomida o'zining dastlabki holatiga parallel bo'lib qolsa, bunday harakatga *ilgarilanma harakat* deyiladi. Misol uchun stol ustida harakatlanayotgan aravachani qaraylik. Aravachaning har uchala holatida ham uning oxirgi nuqtasidan o'tgan AB , A_1B_1 va A_2B_2 to'g'ri chiziqlar o'zaro paralleldir (1-rasm).

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, jism ilgarilanma harakat qilganda barcha nuqtalari bir xil harakatlanadi va parallel izlar qoldiradi.

Aylanma harakat. Agar qattiq jismning barcha nuqtalari aylanish o'qi deb ataluvchi ma'lum o'q atrofida aylanalar bo'ylab harakatlansa, bunday harakatga *aylanma harakat* deyiladi. Aylantirib o'ynaladigan bolalar o'yinchog'i bunga misol bo'ladi. Agar o'yinchoq sirtiga turli rangli nuqtalar qo'yilsa, harakat davomida bu nuqtalar rangli aylana bo'lib ko'rinadi (2-rasm).

Sanoq sistemasi. Yuqorida qayd qilib o'tilganidek, mexanik harakat jism joylashuvining boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishini ko'rsatadi. Demak, uning holati qaysi jismga nisbatan o'rganilayotgan bo'lsa, shu jism go'yoki sanoqning boshiga aylanadi. Poyezd harakati vokzalga, futbol to'pi harakati futbolchiga nisbatan joylashuvining o'zgarishiga qarab aniqlanadi. Mexanik harakatni to'la tavsiflash uchun esa uning makon va zamondagi holatini to'la ko'rsata oladigan sanoq sistemasini kiritish zarur. **Jism bilan bog'langan va unga nisbatan boshqa jismlar yoki moddiy nuqtalarning harakati (yoki**

muvozanati) o'rganiladigan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchash asbobidan iborat sistemaga sanoq sistemasi deyiladi.

Fazodagi istalgan moddiy nuqtaning o'rni uchta koordinata (x, y, z) bilan aniqlanadi. Agar harakat tekislikda ko'rilayotgan bo'lsa, ikkita koordinata (x, y), to'g'ri chiziqda ko'rilayotgan bo'lsa, bitta koordinata (x) bilan kifoyalanish mumkin. $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ vektorlar \vec{r} vektorning tashkil etuvchilari yoki uning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari deyiladi (3-rasm):

$$\vec{r} = \vec{x} + \vec{y} + \vec{z}.$$

Moddiy nuqtaning harakati. A moddiy nuqta sanoq sistemasida harakatlansa, uning koordinatalari (x, y, z) t vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Bu o'zgarishni matematik ko'rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1.1)$$

yoki vektor ko'rinishida

$$\vec{r} = \vec{r}(t). \quad (1.2)$$

Moddiy nuqta holatining vaqtga bog'liqligini ifodalaydigan bu tenglamaga *moddiy nuqta harakatining kinematik tenglamasi* deyiladi.



Sinov savollari

1. Mexanik harakat deb qanday harakatga aytiladi? Mexanik harakatga uchta misol keltiring. 2. Mexanika nimani o'rganadi? 3. Klassik mexanika nimani o'rganadi? 4. Relativistik mexanika nimani o'rganadi? 5. Kvant mexanikasi nimani o'rganadi? 6. Kinematika nimani o'rganadi? 7. Dinamika nimani o'rganadi? 8. Statika nimani o'rganadi? 9. Solishtirish bilan o'rganishning ahamiyati nimada? 10. Moddiy nuqta deb nimaga aytiladi? 11. Harakatning qanday turlarini bilasiz? 12. Ilgarilanma harakat deb qanday harakatga aytiladi? Misollar keltiring. 13. Aylanma harakat deb qanday harakatga aytiladi? Misollar keltiring. 14. Nima uchun sanoq sistemasi tushunchasi kiritiladi? 15. Sanoq sistemasida moddiy nuqtaning o'rni qanday aniqlanadi? 16. Moddiy nuqta harakatining kinematik tenglamasi.



2- §. Vektor kattaliklar. Vektorlar ustida amallar. Vektorlarning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari

M a z m u n i : vektor kattaliklar; vektorlarning ifodalanishi; vektorlar ustida algebraik amallar; ikki vektorlarning skalar va vektorial ko'paytmalari.

Fizik kattaliklar. Fizikada, asosan, ikki xil kattalik qo'llaniladi. Ulardan biri o'zining son qiymati bilan to'la aniqlanib, *skalar miqdorlar* yoki *skalarlar* deyiladi. Bunday kattaliklarga yuza, hajm, zichlik, massa, issiqlik miqdori, energiya miqdori va boshqalar kiradi.

Ikkinchi xil kattaliklarni to'la ifodalash uchun esa ularning son qiymatlaridan tashqari yo'nalishlari ham berilgan bo'lishi kerak. Bunday kattaliklar *vektor kattaliklar* yoki *vektorlar* deyiladi. Ko'chish, tezlanish, kuch, kuch momenti vektor kattaliklardir.

Vektorlarning ifodalanishi. Chizmada tugash nuqtasi strelka qo'yish bilan ko'rsatilsa, yozuvda vektor belgilangan harf ustida strelka qo'yiladi (\vec{r}). Vektorning son qiymati uning *moduli* yoki *uzunligi* deyiladi va r yoki $|\vec{r}|$ dek ko'rsatiladi.

Uzunliklari teng va yo'nalishlari bir xil bo'lgan vektorlarga o'zaro teng vektorlar deyiladi. Uzunligi bir birlikka teng bo'lgan vektorga birlik vektor deyiladi va \vec{r}_0 kabi belgilanadi: $\vec{r} = r \cdot \vec{r}_0$.

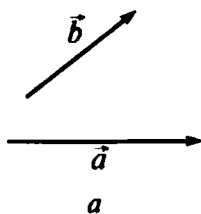
Boshlang'ich nuqtasi tekislik yoki fazoning istalgan nuqtasida yotishi mumkin bo'lgan vektorlarga *ozod vektorlar* deyiladi. Biz ozod vektorlar bilan ish ko'ramiz, ya'ni vektorlarni kerakli nuqtaga ko'chiramiz. Bu ular ustida amallar bajarilishini osonlashtiradi. O'z navbatida fazoning va vaqtning bir jinsliliigi, ya'ni ularning barcha qiymatlarining teng kuchlilikiga bunga to'la imkon beradi. Vektorlar ustida amallar.

Vektorlar ustida amallar

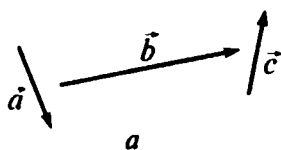
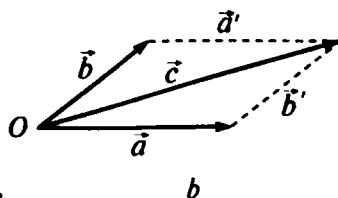
Vektorlarni qo'shish. Ikkita \vec{a} va \vec{b} vektorlar yig'indisi deb, tomonlari shu vektorlardan iborat bo'lgan parallelogrammning diagonaliga teng bo'lgan vektorga aytiladi (4- rasm):

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}.$$

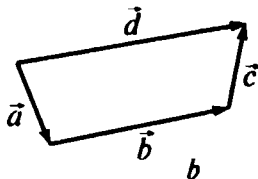
Bunda \vec{a} va \vec{b} vektorlar O nuqtaga ko'chirilgan va ularga parallel bo'lgan \vec{a}' va \vec{b}' vektorlar yordamida parallelogramm hosil qilingan. 4- rasmdan ko'rinib turibdiki, \vec{a} va \vec{b} vektorlarni qo'shish



4- rasm.



5- rasm.



uchun \vec{b} vektorning boshini \vec{a} vektorning tugash nuqtasiga ko'chirish va \vec{a} vektorning boshlanish nuqtasini \vec{b} vektorning tugash nuqtasi bilan tutashtirish kifoya ekan. Bir nechta vektor qo'shilganda aynan shunday ish tutiladi (5-rasm):

$$\vec{d} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}.$$

Algebraik yig'indi deganda kattaliklarning son qiymatlarini qo'shish, geometrik yig'indi deganda esa son qiymatlaridan tashqari yo'nalishlarini ham hisobga olib qo'shish nazarda tutiladi.

Vektorlarni ayirish. \vec{a} vektordan \vec{b} vektorni ayirish, \vec{a} vektorga $(-\vec{b})$ vektorni qo'shish kabi bajariladi:

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

Vektorlarni songa ko'paytirish va bo'lish. Vektorni biror m songa ko'paytirish uning modulini m marta o'zgartirish demakdir:

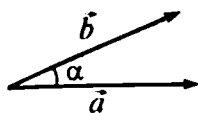
$$\vec{c} = m\vec{a} = ma\vec{a}_0 = (ma)\vec{a}_0.$$

Vektorni n ga bo'lish uni $1/n$ ga ko'paytirishdek bajariladi, ya'ni

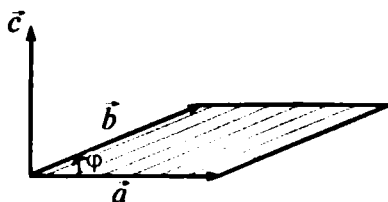
$$\vec{d} = \frac{\vec{a}}{n} = \frac{1}{n}\vec{a}.$$

Ikki vektorning skalar ko'paytmasi. Ikki vektorning skalar ko'paytmasi deb, bu vektorlar uzunliklari bilan ular orasidagi burchak kosinusi ko'paytmasiga teng bo'lgan skalar kattalikka aytiladi (6-a rasm):

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = a \cdot b \cdot \cos \alpha.$$



6- a rasm.



6- b rasm.

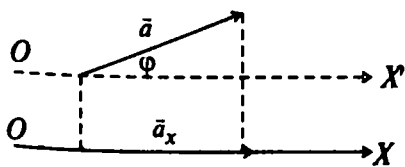
Agar $\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, $\cos\alpha = 0$ va $(\vec{a} \cdot \vec{b}) = a \cdot b \cdot \cos \pi/2 = 0$ bo'ladi. Demak, o'zaro perpendikular vektorlarning skalar ko'paytmasi 0 ga teng bo'ladi.

Ikki vektorning vektorial ko'paytmasi. *Ikki \vec{a} va \vec{b} vektorlarining vektorial ko'paytmasi* deb, shunday \vec{c} vektorga aytiladiki, bu vektor \vec{a} va \vec{b} vektorlarga perpendikular, kattaligi esa tomonlari \vec{a} va \vec{b} vektorlardan tuzilgan parallelogramm yuziga teng, yo'nalishi shunday bo'lmog'i kerakki, \vec{c} vektor parmaning ilgariylanma harakati bilan mos kelsa, parma dastasining harakati \vec{a} vektordan \vec{b} vektorga o'tish yo'li bilan mos keladi, (6-b rasm):

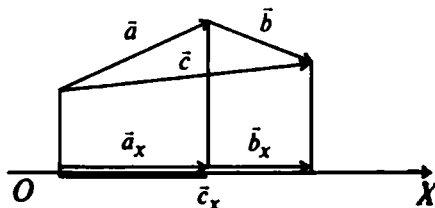
$$\vec{c} = [\vec{a} \cdot \vec{b}]$$

\vec{c} vektorning moduli $c = a \cdot b \cdot \sin \varphi$.

Vektorlarning proyeksiyalari. \vec{a} vektorning OX o'qiga proyeksiyasini topish uchun uning boshlanish va tugash nuqtalaridan OX o'qiga perpendikular tushiramiz (7-a rasm). Perpendikularlarning asoslarini tutashtiruvchi \vec{a}_x vektor \vec{a} vektorning OX o'qidagi proyeksiyasi bo'ladi. Uning kattaligi \vec{a} vektorning, \vec{a} vektor va OX o'qi hosil qilgan φ burchakning kosinusiga ko'paytmasiga teng. φ burchak \vec{a} vektorning boshlanish nuqtasidan o'tuvchi va OX o'qiga parallel bo'lgan $O'X'$ o'qi yordamida aniqlanishi mumkin:



7- a rasm.



7- b rasm.

$$\vec{a}_x = \vec{a} \cdot \cos \varphi.$$

Agar \vec{a} vektor va OX o'qining yo'nalishlari mos kelsa, \vec{a}_x ning ishorasi \vec{a} vektorniki bilan bir xil, aks holda teskari ishora bilan olinadi.

\vec{a} va \vec{b} vektorlar yig'indisining (ayirmasining) proyeksiyasi ham shu tarzda aniqlanadi (7- b rasm):

$$\vec{c}_x = \vec{a}_x + \vec{b}_x.$$



Sinov savollari

1. Skalar kattaliklar deb qanday kattaliklarga aytiladi? Misollar keltiring.
2. Vektor kattaliklar deb qanday kattaliklarga aytiladi? Misollar keltiring.
3. Ikki vektor qanday qo'shiladi? 4. Uch va undan ko'p vektorlar qanday qo'shiladi? 5. Vektorlarni ayirish. 6. Vektorlarni songa ko'paytirish. 7. Ikki vektorning skalar ko'paytmasi. 8. Ikki vektorning skalar ko'paytmasi qanday kattalik bo'ladi? 9. Ikki vektorning vektorial ko'paytmasi. 10. Ikki vektorning vektorial ko'paytmasi qanday kattalik bo'ladi?



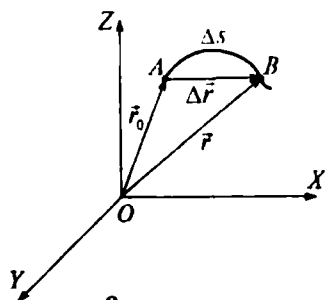
3- §. Ko'chish va yo'l. O'rtacha va oniy tezlik. Tekis harakat tezligi

M a z m u n i : moddiy nuqtaning harakat trayektoriyasi. Ko'chish va yo'l. O'rtacha tezlik vektori; oniy tezlik; tekis va notekis harakatlarda tezlik; tezliklarni qo'shish.

Moddiy nuqtaning harakatini xarakterlovchi kattaliklar. Moddiy nuqta harakatini xarakterlovchi kattaliklardan biri uning harakat trayektoriyasidir. **Moddiy nuqta harakatining trayektoriyasi deb, shu nuqtaning harakat davomida fazoda qoldirgan iziga aytiladi.** Trayektoriyaning shakliga qarab, harakat to'g'ri chiziqli yoki egri

chiziqli bo'lishi mumkin. 8-*a* rasmda moddiy nuqtaning harakat trayektoriyasi ko'rsatilgan.

Trayektoriya va yo'l. Moddiy nuqta harakatini A nuqtadan boshlab kuzata boshladik, deylik. Ma'lum vaqtdan so'ng u B nuqtaga kelsin. Harakat trayektoriyasi AB qismining uzunligiga teng bo'lgan Δs skalar kattalikka yo'lning uzunligi deyiladi. Boshqacha aytganda, **moddiy nuqta harakat trayektoriyasining uzunligiga yo'l deyiladi.**



8- a rasm.

Ko'chish va yo'l. Moddiy nuqtaning dastlabki holatidan uning keyingi holatiga o'tkazilgan $\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$ vektorga *ko'chish* deyiladi.

To'g'ri chiziqli harakatda ko'chish vektori tegishli trayektoriya qismining uzunligi bilan mos keladi va ko'chish vektorining moduli $|\Delta\vec{r}|$ o'tilgan yo'l Δs ga teng bo'ladi.

Tezlik. Biz kundalik hayotda „tezroq“ yoki „sekinroq“ degan tushunchalarni ko'p ishlatamiz. Masalan, samolyot poyezddan, yengil avtomobil avtobusdan, velosipedchi piyodadan tezroq harakatlanadi, degan iboralar qo'llaniladi. Bunda tezroq harakatlanayotgan vosita bir xil vaqt davomida ko'proq masofaga ko'chishi nazarda tutiladi.

Vaqt birligida bosib o'tilgan yo'lga tezlik deyiladi.

Tezlik vektori. Shunday qilib, tezlik harakatlanayotgan nuqtaning ko'chishiga va buning uchun sarflangan vaqtga bog'liq kattalik ekan. Tezlik nafaqat harakat tezligi, balki uning yo'nalishini ham ko'rsatadigan vektor kattaligidir.

*O'rta*cha tezlik vektori $\vec{v}_{o'r}$ deb, moddiy nuqta ko'chish vektori $\Delta\vec{r}$ ning ko'chish uchun sarflangan vaqt Δt ga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

$$\vec{v}_{o'r} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}. \quad (3.1)$$

$\vec{v}_{o'r}$ ning yo'nalishi ko'chish yo'nalishi bilan mos keladi (8-b rasm).

Oniy tezlik. Endi jismning A nuqtada bo'lgandagi tezligini topaylik. Shu maqsadda harakatlanish vaqti Δt ni tobora kichraytira boramiz, ya'ni $\Delta t \rightarrow 0$ (8-b rasm).

Δt cheksiz kichraytirib borilganda, o'rtacha tezlik $\vec{v}_{o'r}$ oniy tezlik \vec{v} ga intiladi. Demak, (4.1) ga asosan,

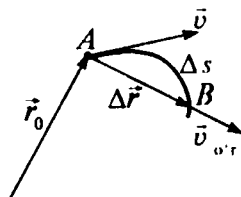
$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{o'r} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \quad (3.2)$$

Oniy tezlik deb, moddiy nuqta radius-vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga yoki moddiy nuqtaning berilgan vaqtdagi tezligiga aytiladi.

Oniy tezlikning moduli esa yo'ldan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosiladek aniqlanadi:

$$v = \frac{ds}{dt}. \quad (3.3)$$

Tekis harakatda tezlik. *Moddiy nuqtaning tekis harakati deb, bir xil vaqt oralig'ida bir*



8- b rasm.

xil yo'l o'tiladigan harakatga aytiladi. Demak, yo'ning barcha nuqtalaridagi oniy tezlik bir xil bo'ladi va bosib o'tilgan yo'l Δs ning sarflangan vaqt Δt ga nisbati kabi aniqlanadi:

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

Bu holda bosib o'tilgan yo'l

$$\Delta s = v \cdot \Delta t \quad (3.4)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Notekis harakatda tezlik. Bu holda moddiy nuqta, bir xil vaqt oralig'ida turli xil yo'llarni bosib o'tadi va bunda oniy tezlikning nafaqat qiymati, balki yo'nalishi ham o'zgarib turadi. Bu holda, notekis harakatning o'rtacha tezligi tushunchasi kiritilishi mumkin. U quyidagicha aniqlanadi:

$$v_{o'r} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

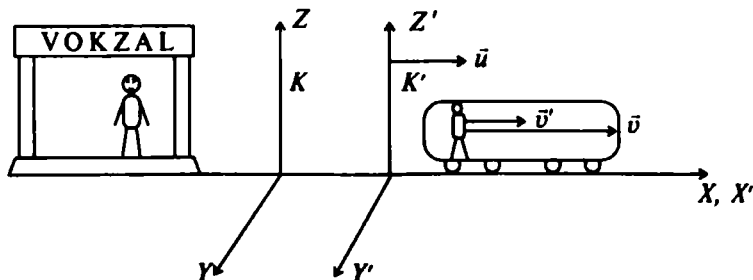
Avtomobil spidometri oniy tezlikning modulini (kattaligini) ko'rsatadi. Yo'l esa

$$\Delta s = v_{o'r} \cdot \Delta t \quad (3.5)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Tezliklarni qo'shish. Endi harakatlanayotgan poyezd ichida, harakat qilayotgan odamning vokzalga nisbatan tezligini topaylik (9-rasm).

Harakatsiz K sistema vokzalga berkitilgan va poyezd (unga berkitilgan K' sistema ham) vokzaldagi kuzatuvchiga nisbatan \bar{u} tezlik bilan uzoqlashmoqda. O'z navbatida yo'lovchi poyezd ichida, poyezdga (K' sistemaga) nisbatan \bar{v}' tezlik bilan harakatlanmoqda. Unda odamning vokzalga nisbatan tezligi \bar{v} odamning poyezdga nisbatan tezligi \bar{v}' va poyezdning vokzalga nisbatan tezligi \bar{u} larning vektor yig'indisiga teng bo'ladi:



9- rasm.

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'. \quad (3.6)$$

Demak, odamning harakatsiz sanoq sistemasiga (vokzal) nisbatan tezligi \vec{v} harakatdagi sanoq sistemasining (poyezd) harakatsiz sanoq sistemasiga nisbatan tezligi \vec{u} va odamning harakatdagi sanoq sistemasiga nisbatan tezligi \vec{v}' larning vektor yig'indisiga teng bo'ladi.

Yuqoridagi formula tezliklarni qo'shish qonunini ifodalaydi.

Tezlikning SI dagi birligi. Tezlikning SI dagi birligini topish uchun tezlik ta'rifiga asosan, moddiy nuqta bosib o'tgan yo'l (masofa) va vaqtning SI dagi birliklaridan foydalanamiz:

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{1\text{m}}{1\text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Shunday qilib, SI da tezlik birligi sifatida 1 sekunda 1 metr yo'lni o'tadigan harakat tezligi qabul qilingan.



Sinov savollari

1. Moddiy nuqtaning harakat trayektoriyasi deb nimaga aytiladi?
2. Yo'l deb nimaga aytiladi?
3. Trayektoriya va yo'l bir-biriga bog'liqmi?
4. Ko'chish deb nimaga aytiladi?
5. Ko'chish vektorining moduli qachon yo'lga teng bo'ladi?
6. Tezlik tushunchasi nima maqsadda kiritiladi?
7. Tezlik vektor kattalikmi yoki skalar kattalikmi?
8. O'rtaacha tezlik vektori qanday aniqlanadi?
9. Oniy tezlik qanday aniqlanadi?
10. Tekis harakatda tezlik.
11. Notekis harakatda tezlik.
12. Tezliklarni qo'shish qonuni.
13. Tezlikning SI dagi birligi.
14. Avtomobilning spidometri qanday tezlikni ko'rsatadi?



4- §. Tezlanish va uning tashkil etuvchilari

M a z m u n i : o'rtaacha tezlanish vektori; oniy tezlanish; tezlanishning tashkil etuvchilari.

Tezlanish. Kundalik hayotimizda jismlar tezligining o'zgarishini ko'p kuzatamiz. Misol uchun, bekatdan bir paytda, bir xil yo'nalishda harakatlana boshlagan avtobus va yengil avtomobilning ma'lum vaqtdan keyingi tezliklarini solishtiraylik. Tabiiyki, yengil avtomobil spidometrining ko'rsatkichi kattaroq bo'ladi. Demak, ikkita transport vositasi tezliklarining o'zgarishi turlicha, ularni solishtirish uchun esa tezlikning o'zgarish tezligini xarakterlovchi biror kattalikni kiritish zaruriyati tug'iladi. Bu kattalik *tezlanishdir*.

Tezlikning vaqt birligida o'zgarishiga tezlanish deyiladi.

O'rtacha va oniy tezlanish. Tezlanish — tezlikning kattaligini, shuningdek, yo'nalishining o'zgarishini ham xarakterlaydi. Noto'g'ri harakatning Δt vaqtdagi o'rtacha tezlanishi $\bar{a}_{o'r}$ deb, tezlikning o'zgarishi Δv ning Δt ga nisbati bilan aniqlanadigan vektor kattalikka aytiladi:

$$\bar{a}_{o'r} = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (4.1)$$

Agar Δt ni cheksiz kichraytirib borsak, ya'ni $\Delta t \rightarrow 0$, unda moddiy nuqtaning t vaqtdagi oniy tezlanishini topamiz:

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{a}_{o'r} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}. \quad (4.2)$$

Shunday qilib, tezlanish tezlikdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila kabi aniqlanadigan vektor kattalikdir.

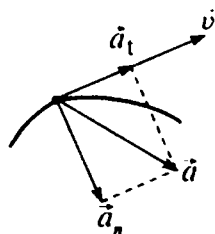
Tezlanishning SI dagi birligi. Tezlanishning ta'rifiga asosan uning birligini quyidagicha aniqlaymiz:

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{1 \frac{m}{s}}{1 s} = 1 \frac{m}{s^2}. \quad (4.3)$$

Shunday qilib, SI da tezlanishning birligi sifatida tezligini 1 sekunda 1 m/s ga o'zgartiradigan harakat tezlanishi qabul qilingan.

Tezlanishning tashkil etuvchilari. Yuqorida qayd etilganidek, tezlanish tezlik va uning moduli (kattaligi) yo'nalishining o'zgarishi bilan xarakterlanadi. Demak, to'la tezlanish (\bar{a}) tezlik modulining o'zgarish tezligini (\bar{a}_t) va yo'nalishining o'zgarish tezligini (\bar{a}_n) xarakterlovchi tashkil etuvchilarning geometrik yig'indisidan iborat ekan (10- rasm), ya'ni

$$\bar{a} = \bar{a}_t + \bar{a}_n. \quad (4.4)$$



10- rasm.

Agar 10- rasmdagi uchburchakka Pifagor teoremasini qo'llasak, tezlanishning kattaligi uchun $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$ ifodani olamiz.

Bunda \bar{a}_t — tezlanishning tangensial, \bar{a}_n — normal tashkil etuvchilaridir.

Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi. Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi \bar{a}_t tezlik modulidan vaqt bo'yicha olingan birin-

chi tartibli hosiladek aniqlanadi. U doimo harakat trayektoriyasiga urinma bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lib, tezlik modulining o‘zgarishini xarakterlaydi:

$$a_t = \frac{dv}{dt}. \quad (4.5)$$

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi. Tezlanishning normal tashkil etuvchisi a_n

$$a_n = \frac{v^2}{r} \quad (4.6)$$

dek aniqlanadi. U doimo egrilik markazidan harakat trayektoriyasiga normal (tik chiziq) bo‘ylab markazga yo‘nalgan bo‘ladi. Shuning uchun u markazga intilma tezlanish ham deyiladi. a_n — tezlik yo‘nalishining o‘zgarishini xarakterlaydi.

$a_t = 0$ qanday harakat?

Bunda ikki hol bo‘lishi mumkin:

- 1) $a_t = 0$, $a_n = 0$, demak, $a = 0$ to‘g‘ri chizikli tekis harakat;
- 2) $a_t = 0$, $a_n \neq 0$, demak, $a = a_n$ egri chizikli tekis harakat. Xususan, $a_n = \text{const}$ — aylana bo‘ylab tekis harakat.

$a_n = 0$ qanday harakat?

1. $a_n = 0$, $a_t = 0$ holni yuqorida ko‘rdik.
2. $a_n = 0$, $a_t \neq 0$ — to‘g‘ri chizikli notekis (o‘zgaruvchan tezlanishli) harakatni bildiradi.

Xususan, $a_n = 0$, $\vec{a}_t = \vec{a} = \text{const}$ — to‘g‘ri chizikli tekis o‘zgaruvchan harakatni bildiradi.

Bu hol kundalik hayotimizda ko‘p uchraydi.



Sinov savollari

1. „Tezlanish“ tushunchasi nima maqsadda kiritiladi? 2. Tezlanish vektor kattalikmi yoki skalar kattalikmi? 3. O‘rtacha tezlanish vektori qanday aniqlanadi? 4. Oniy tezlanish qanday aniqlanadi? 5. Tezlanishning tashkil etuvchilari va aniqlanishi. 6. Tezlik modulining o‘zgarishini nima xarakterlaydi? 7. Yo‘nalishini-chi? 8. $a_t = 0$; $a_n = 0$ qanday harakat? 9. $a_t = 0$; $a_n \neq 0$ -chi? 10. $a_t \neq 0$; $a_n = 0$ -chi? 11. Tezlanishning SI dagi birligi.



5- §. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat. Yuqoriga tik otilgan jism harakati. Gorizontal va gorizontga qiya otilgan jism harakati

Mazmuni: to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat; tezlik grafigi; yo'l formulasi; yo'l grafigi; erkin tushish; yuqoriga tik otilgan jismning harakati; erkin tushish tezlanishi; gorizontal otilgan jismning harakati; gorizontga qiya otilgan jismning harakati.

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat.

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat deb, tezliklari teng vaqtlar oralig'ida teng miqdorda o'zgaradigan harakatga aytiladi. Bunday harakatda tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi o'zgar-
mas bo'ladi, ya'ni

$$a_t = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{const}, \quad (5.1)$$

Δv — tezlikning Δt vaqt davomida o'zgarishi, ya'ni $\Delta v = v_t - v_0$, bunda v_0 — boshlang'ich (dastlabki) tezlik, v_t — Δt vaqt o'tgandan keyin erishilgan tezlik. Biz $v_t = v$ deb olaylik. Shuningdek, vaqt orali-
g'ini soddaroq qilib $\Delta t = t$ deb belgilasak, yuqoridagi formula quyi-
dagi ko'rinishga keladi:

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \quad (5.2)$$

bu formuladan keyingi tezlik v ni topsak

$$v = v_0 + at. \quad (5.3)$$

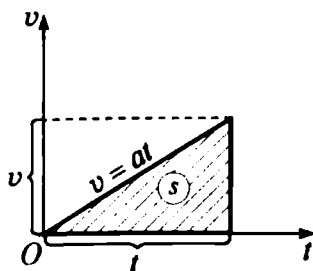
*Harakat tezlanuvchan bo'lganda a musbat ishora bilan, sekin-
lanuvchan bo'lganda manfiy ishora bilan olinadi.*

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda o'rtacha tezlik $v_{o'r}$ boshlang'ich v_0 va oxirgi v tezliklarning o'rtacha arifmetik yig'in-
disi kabi topilishi mumkin:

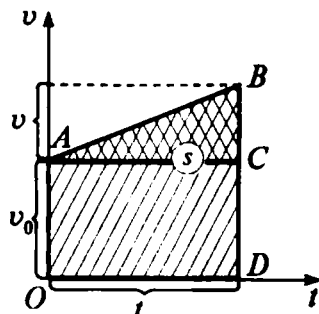
$$v_{o'r} = \frac{v + v_0}{2}. \quad (5.4)$$

Yuqoridagi belgilashlarni davom ettirib, $\Delta s = s$ deb olsak, (3.5) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$s = v_{o'r} \cdot t. \quad (5.5)$$



11- rasm.



12- rasm.

Agar (5.2) dan t ni topib va (5.4) ni (5.5) ga qo'ysak,

$$s = \frac{v + v_0}{2} \cdot \frac{v - v_0}{a} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

hosil bo'ladi. Bu yerda $(v + v_0)(v - v_0) = v^2 - v_0^2$ ligidan foydalandik. Shunday qilib

$$v^2 - v_0^2 = 2as, \quad (5.6)$$

yo'l, tezlik va tezlanishni bog'lovchi formula hosil bo'ladi.

Tezlik grafigi. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda tezlik grafigini chizish uchun ordinata o'qiga tezlik, absissa o'qiga vaqtni joylashtiramiz. 11- rasmda boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lgan harakatning tezlik grafigi ko'rsatilgan. $v_0 = 0$ da (5.3) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

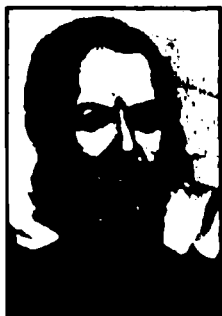
$$v = at.$$

Agar boshlang'ich tezlik noldan farqli bo'lsa, unda tezlik grafigi 12-rasmdagidek ko'rinishni olishi mumkin. Shuni qayd etish kerakki, tezlik grafigi o'rab turgan yuzaning son qiymati o'tilgan yo'lning kattaligini ko'rsatadi.

Yo'l formulasi. To'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'l formulasini topaylik. 11- rasmda shtrixlangan yuza v tezlikli moddiy nuqtaning t vaqtda o'tgan yo'lini ifodalaydi. Uchburchakning yuzini topish formulasidan

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t = \frac{1}{2} at^2. \quad (5.7)$$

Endi boshlang'ich tezlik noldan farqli bo'lgan hol uchun yo'lni hisoblaylik (12-rasm). Yo'l $OABD$ trapetsiyaning yuziga teng bo'ladi.



G. Galiley
(1564 – 1642)

Bu yuza o'z navbatida, $OACD$ to'rtburchak va ABC uchburchaklar yuzalarining yig'indisiga teng, ya'ni

$$s = s_{to'rt} + s_{uch} = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2.$$

Demak,

$$s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}. \quad (5.8)$$

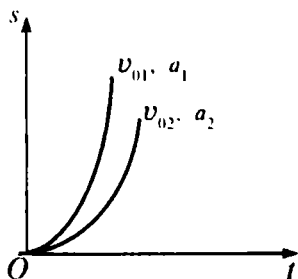
Bu ifodaga tekis o'zgaruvchan harakatda yo'l formulasi deyiladi.

Yo'l grafigi. Yo'l grafigini aniqlash uchun ordinata o'qiga yo'l s ni, absissa o'qiga vaqt t ni qo'yamiz.

Yo'l formulasi (5.8) t ga nisbatan kvadrat (t ning ikkinchi darajasi ishtirok etgan) tenglamadir. Matematika kursidan ma'lumki, kvadrat tenglamaning grafigi paraboladan iborat bo'ladi. Biz $t \geq 0$ holni qaraymiz. 13-rasmdan ko'rinib turibdiki, to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda yo'l grafigi parabolalar oilasidan iborat bo'lar ekan. Ular v_0 va a larning qiymatlari bilan farq qiladi.

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatga tabiatdan misol. Jismning erkin tushishi va yuqoriga tik otilgan jismning harakati to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatga oddiy misol bo'la oladi.

Italiyalik olim G.Galiley ko'plab tajribalar yordamida bu harakatlarni o'rgangan va ularning tekis o'zgaruvchan harakat ekanligiga ishonch hosil qilgan. U tajribada *jismlar yer markazi tomon tik yo'nalgan va kattaligi o'zgarmas $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ bo'lgan tezlanish bilan harakat qilishini aniqlagan. Bu tezlanishga jismlarning erkin tushish tezlanishi deyiladi.*



13- rasm.

Erkin tushish. *Erkin tushish deb, jismning faqat og'irlik kuchi ta'sirida bo'ladigan harakatiga aytiladi.*

Shuning uchun ham bunday harakatda tezlik va yo'l formulalari to'g'ri chiziqli, tekis tezlanuvchan harakat tenglamalariga o'xshash bo'ladi. Faqat s ni h va a ni g bilan almashtirish kifoya.

Tezlik

$$v = gt,$$

balandlik

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad h = \frac{v^2}{2g},$$

tezlik

$$v = \sqrt{2gh} \quad (5.9)$$

bo'ladi. Keltirilgan formulalar yordamida erkin tushayotgan jismning istalgan nuqtadagi tezligini va istalgan paytdagi balandligini hisoblab topish mumkin.

Yuqoriga tik otilgan jismning harakati. Yuqoriga tik otilgan jismning boshlang'ich tezligini v_0 , ko'tarilish vaqtini t , balandligini h , keyingi tezlikni v bilan belgilasak, quyidagi formulalar o'rinni bo'ladi.

Jismning keyingi tezligi

$$v = v_0 - gt, \quad (5.10)$$

ko'tarilish balandligi

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \quad (5.11)$$

yoki

$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}. \quad (5.12)$$

Eng yuqori nuqtada $v = 0$ bo'lganligidan

$$v_0 = gt \quad (5.13)$$

yoki jismning ko'tarilish vaqti

$$t = \frac{v_0}{g} \quad (5.14)$$

va ko'tarilish balandligi

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}. \quad (5.15)$$

Agar erkin tushishda $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$ ekanligini eslasak, $v_0 = v$,

ya'ni jismning erkin tushishdagi oxirgi tezligi v yuqoriga otilgandagi boshlang'ich tezligi v_0 ga teng bo'ladi. Shunga asosan, (5.14)ni qayta yozsak, jismning erkin tushish vaqti ko'tarilish vaqtiga teng bo'lishiga ishonch hosil qilamiz:

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{v}{g}. \quad (5.16)$$

Erkin tushish tezlanishi. Erkin tushish tezlanishi hamma jismlar uchun bir xilmi? *Erkin tushish tezlanishi hamma jismlar uchun bir xil.* Yer tortish maydoni uchun uning qiymati $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Shuni qayd etish kerakki, Yerning qat'iy shar shaklida emasligi natijasida uning qiymati $g = 9,780 \text{ m/s}^2$ dan (ekvatorda) $g = 9,832 \text{ m/s}^2$ gacha (qutblarda) o'zgaradi. Ammo hisob-kitoblarda uning qiymatini $9,81 \text{ m/s}^2$ deb olishga kelishilgan.

Stol ustidan gorizontal otilgan jismning harakati. Gorizontal otilgan jismning harakati murakkab harakat bo'lib, jism gorizontal yo'nalishda (OX o'qi bo'ylab) tekis harakat qilsa, vertikal yo'nalishda (OY o'qi bo'ylab) tekis tezlanuvchan harakat qiladi (14- a rasm). Jism tezligining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari

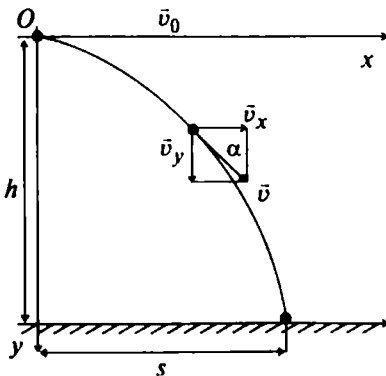
$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_0 = \text{const} \\ v_y &= gt. \end{aligned} \right\} \quad (5.17)$$

t vaqtdan keyin jismning koordinatalari

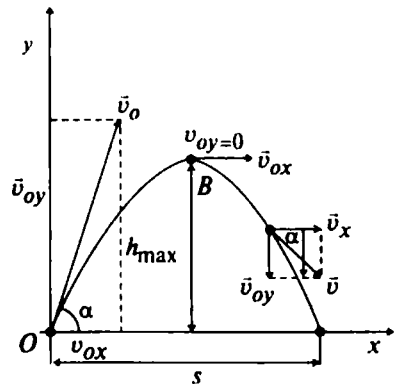
$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t = v_x t, \\ y &= \frac{gt^2}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (5.18)$$

Bu tenglamalardan t ni yo'qotsak,

$$y = kx^2 \quad (5.19)$$



14- a rasm.



14- b rasm.

hosil bo'ladi. Bu yerda $k = \frac{g}{2v_0^2}$ belgilash kiritdik. (5.19) parabolaning

tenglamasi bo'lganligidan, gorizont otilgan jismning harakat trayektoriyasi paraboladan iborat bo'ladi, degan xulosaga kelamiz.

(5.18) ga asosan, istalgan t vaqt uchun jismning tushish balandligi h , uchish uzoqligi s va tezligi v ni quyidagicha topish mumkin:

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad (5.20)$$

$$s = v_0 t. \quad (5.21)$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}. \quad (5.22)$$

Agar tezlik vektori gorizont bilan α burchak hosil qilsa, u quyidagicha aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}, \\ \cos \alpha &= \frac{v_x}{v} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (5.23)$$

(5.20) dan jismning tushish vaqti t ni topib

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (5.24)$$

uning gorizont yo'nalishda uchish masofasi s ni aniqlaymiz

$$s = x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (5.25)$$

Gorizontga qiya otilgan jismning harakati. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatini o'rganish uchun koordinatalar sistemasini 14- b rasmdagidek qilib tanlab olamiz. Havoning qarshiligi va shamolni hisobga olmaymiz.

Boshlang'ich momentda jismning koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} v_{0x} &= v_0 \cos \alpha, \\ v_{0y} &= v_0 \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (5.26)$$

Biror t vaqtdan keyin esa jismga faqat og'irlik kuchi ta'sir etishini e'tiborga olsak,

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_{0x} = v_0 \cos \alpha, \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt. \end{aligned} \right\} \quad (5.27)$$

Yoki harakatning kinematik tenglamasi

$$\left. \begin{aligned} x &= v_x t = v_0 t \cdot \cos \alpha, \\ y &= v_{0y} \cdot t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (5.28)$$

Agar (5.28) dan t ni yo'qotsak, u

$$y = kx - bx^2 \quad (5.29)$$

ko'rinishni oladi. Bu yerda $k = \operatorname{tg} \alpha$, $b = \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$ belgilashlar kiritildi.

(5.29) x ga nisbatan ikkinchi tartibli tenglama ekanligini nazarda tutsak, gorizontalga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasi ham paraboladan iborat, degan xulosaga kelamiz. Trayektoriyaning eng yuqori nuqtasida $v_y = 0$ bo'lganligidan $v_0 \sin \alpha - gt = 0$ ni olamiz. Demak, jism trayektoriyaning eng yuqori nuqtasiga ko'tarilishi uchun ketgan vaqt, shuningdek, eng yuqori nuqtadan yerga tushish uchun ketgan vaqt ham

$$t_k = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad (5.30)$$

kabi aniqlanadi.

Unda otilgan jism yerga qaytib tushishi uchun ketgan umumiy vaqt

$$t = t_T + t_k = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (5.31)$$

bo'ladi.

Jismning maksimal ko'tarilish balandligi:

$$h = v_0 t_k \sin \alpha - \frac{gt_k^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \quad (5.32)$$

Jismning uchish masofasi

$$s = v_x t = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (5.33)$$

kabi aniqlanadi.



1. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat deb qanday harakatga aytiladi? 2. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda tezlik va yo'l formulalarini yozing. 3. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda tezlik va yo'l grafiklarini chizing. 4. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatga misol keltiring. 5. Erkin tushish deb qanday harakatga aytiladi? 6. Erkin tushish tezlanishining qiymati qanday? 7. Gorizontaal ottilgan jismning harakati qanday harakatlarning yig'indisidan iborat? 8. Jism tezligining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari koordinatalari qanday? 9. Gorizontaal ottilgan jismning harakat trayektoriyasi. 10. Jismning tushish balandligi, uchish uzoqligi va tezligi qanday ifodalanadi? 11. Tezlik vektorining gorizont bilan hosil qilgan burchagi ifodasini yozing. 12. Gorizontga qiya ottilgan jismning harakati qanday harakatlarning yig'indisi? 13. Boshlang'ich paytda va t vaqtdan keyin jism tezligining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari. 14. Gorizontga nisbatan burchak ostida ottilgan jismning harakat trayektoriyasi. 15. Jismning harakat vaqti qanday aniqlanadi? 16. Ko'tarilish balandligi-chi? 17. Uchish masofasi-chi? 18. 14- b rasmni tahlil qiling.

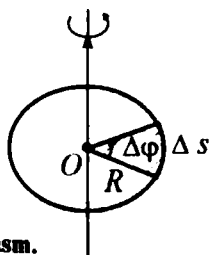


6- §. Egri chiziqli harakat va uni xarakterlovchi kattaliklar

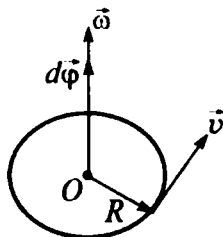
M a z m u n i: burchak tezlik va burchak tezlanish; to'g'ri chiziqli va egri chiziqli harakatlarni xarakterlovchi kattaliklar orasidagi bog'lanish; aylanish chastotasi va davri.

Yuqorida aytib o'tganimizdek, istalgan harakatga ikki xil: ham ilgarilanma, ham aylanma harakatlarning yig'indisi sifatida qarash mumkin. Biz ilgarilanma harakat bilan batafsil tanishib o'tdik. Endi navbat aylanma harakatga keldi. Bu harakatlarni xarakterlovchi kattaliklar bir-biriga juda o'xshash bo'lmog'i kerak.

Burchak tezlik. Moddiy nuqtaning biror R radiusli aylana bo'ylab harakatini ko'raylik (15- a rasm).



15- a rasm.



15- b rasm.

Moddiy nuqta aylana bo'ylab harakati davomida ma'lum nuqtadan takror-takror o'taveradi. Demak, ko'chish va yo'l kabi kattaliklar moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakatini tavsiflovchi asosiy kattaliklar bo'la olmaydi. Bunday kattalik vazifasini moddiy nuqtaning Δt vaqtda burilish burchagi $\Delta\varphi$ o'tashi mumkin. Juda kichik burilish burchagiga vektor sifatida qarash mumkin. Yo'nalishi aylana yo'nalishi bilan bog'liq bo'lgan bunday vektorlarga psevdovektorlar yoki aksial vektorlar deyiladi. $\Delta\vec{\varphi}$ vektorning moduli burilish burchagidek, yo'nalishi esa dastasining aylanma harakati moddiy nuqtaning harakati bilan mos keladigan parmaning ilgarilanma harakati yo'nalishidek bo'ladi. Demak, ilgarilanma harakatda ko'chish $\Delta\vec{r}$ ga o'xshash kattalik aylanma harakatda burilish burchagi $\Delta\vec{\varphi}$, yo'l Δs ga o'xshash kattalik esa $\Delta\varphi$ bo'ladi. Unda **burchak tezlik** moddiy nuqtaning burilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosiladek aniqlanadigan vektor kattalikdir:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt} \quad (6.1)$$

$\vec{\omega}$ ning yo'nalishi $d\vec{\varphi}$ ning yo'nalishi bilan mos keladi (15-b rasm). Burchak tezlikning o'rtacha qiymati

$$\omega_{o'r} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \quad (6.2)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Aylana bo'ylab tekis harakatda ham burchak tezlik shu ifoda yordamida aniqlanadi.

Aylana bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqtaning vaqt birligida burilish burchagiga burchak tezlik deyiladi.

Burchak tezlikning birligi. Burchak tezlikning SI da birligi quyidagicha aniqlanadi:

$$[\omega] = \frac{[\varphi]}{[t]} = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1 \frac{1}{\text{s}} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Bu yerda ko'pincha radianning o'rniga bir qo'yilishi e'tiborga olingan. Shunday qilib, SI da burchak tezlikning birligi sifatida 1 sekunda 1 radian burchakka buriladigan moddiy nuqtaning aylanma harakat *burchak tezligi* qabul qilingan.

Chiziqli va burchak tezliklar orasidagi bog'lanishni aniqlash maqsadida 15-a rasmdan Δs ni aniqlab olaylik. Matematika kursidan

ma'lumki, Δs yoyning uzunligi burilish burchagi $\Delta\varphi$ va radiusi R ning ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$\Delta s = R \cdot \Delta\varphi. \quad (6.3)$$

Unda chiziqli tezlikning aniqlanish ta'rifiga asosan,

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R\Delta\varphi}{\Delta t} = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = R \frac{d\varphi}{dt} = R\omega.$$

Burchak tezlanishi. Burchak tezlanishi deb burchak tezlikdan olingan birinchi tartibli hosiladek aniqlanadigan vektor kattalikka aytiladi:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}.$$

Burchak tezlanishning yo'nalishi burchak tezlik yotgan o'q bilan mos keladi. Tezlanish ortganda $\vec{\varepsilon}$ va $\vec{\omega}$ vektorlarning yo'nalishlari bir xil, tezlanish kamayganda esa qarama-qarshi bo'ladi (16-rasm).

Burchak tezlanishning o'rtacha qiymati

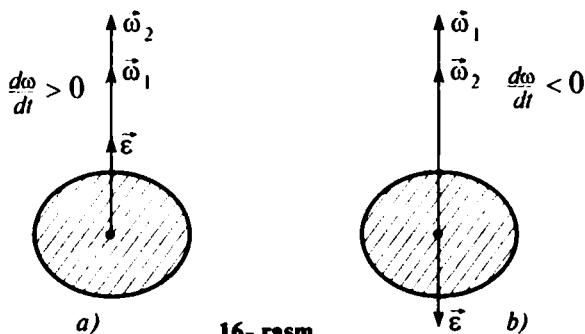
$$\varepsilon_{o'r} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}$$

ifoda yordamida topiladi.

Burchak tezlikning vaqt birligida o'zgarishiga burchak tezlanish deyiladi.

Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi a_t ni chiziqli v va burchak tezlik ω orasidagi $v = R\omega$ bog'lanishdan foydalanib aniqlaymiz. Bu yerda aylananing radiusi R — o'zgarmas kattalikdir:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon. \quad (6.4)$$



16-rasm.

Shuningdek, tezlanishning normal tashkil etuvchisi

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(R\omega)^2}{R} = \frac{R^2\omega^2}{R} = \omega^2 R. \quad (6.5)$$

To'g'ri chiziqli va egri chiziqli harakat xarakteristikalarini orasidagi bog'lanishlar: to'g'ri chiziqli harakatdagi yo'l s va egri chiziqli harakatdagi burilish burchagi φ orasidagi bog'lanish: $s = R\varphi$; chiziqli tezlik v va burchak tezlik ω orasidagi bog'lanish: $v = R\omega$; tangensial va normal tezlanishlar uchun ifodalar:

$$a_t = R \cdot \varepsilon, \quad (6.6)$$

$$a_n = \omega^2 \cdot R. \quad (6.7)$$

Shuningdek, moddiy nuqtaning aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatida quyidagi munosabatlar o'rinli:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t;$$

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

bu yerda ω_0 — boshlang'ich burchak tezlik, burchak tezlanish ε esa yo'nalishiga qarab musbat yoki manfiy qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Aylanish davri va aylanish chastotasi. Agar $\omega = \text{const}$ bo'lsa, bunday harakatga tekis aylanma harakat deyiladi va u aylanish davri bilan xarakterlanishi mumkin. **Aylanish davri** — T deb, nuqta bir marta to'la aylanib chiqishi uchun, ya'ni 2π burchakka burilish uchun ketgan vaqtga aytiladi.

Demak, $\Delta t = T$ da $\Delta\varphi = 2\pi$ bo'ladi. Unda (6.2)ga asosan quyidagi tenglik hosil bo'ladi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{yoki} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (6.8)$$

Moddiy nuqtaning vaqt birligidagi to'la aylanishlar soniga **aylanish chastotasi** — n deyiladi. Demak, aylanish chastotasi va aylanish davri o'zaro teskari kattaliklardir:

$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{yoki} \quad \omega = 2\pi n. \quad (6.9)$$

Chiziqli tezlik chastota va davr bilan quyidagicha bog'langan

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R n = R\omega.$$

Burchak tezlanishning birligi. Burchak tezlanishning ta'rifiga asosan

$$[\varepsilon] = \frac{[\omega]}{[t]} = \frac{1 \text{ s}^{-1}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ s}^{-2}$$

bo'ladi. Aylanish davri va chastotasining birliklari esa

$$[T] = [t] = 1 \text{ s}; [n] = \frac{1}{[T]} = 1 \text{ s}^{-1}.$$



Sinov savollari

1. Burchak tezlik qanday aniqlanadi? 2. Burchak tezlikning SI dagi birligini yozing. 3. Burchak tezlanish va uning yo'nalishi. 4. Burchak tezlanishning SI dagi birligi. 5. To'g'ri chiziqli va egri chiziqli harakatni tavsiflovchi kattaliklar orasidagi bog'lanishlar qanday? 6. Aylana bo'ylab tekis harakat deb qanday harakatga aytiladi? 7. Aylanish davri va uning birligi. 8. Aylanish chastotasi va uning birligi qanday?



Masala yechish namunalari

1 - masala. Koptok 3 m balandlikdan polga tushdi va poldan qaytib ko'tarilayotganda 1 m balandlikda tutib olindi. Koptokning o'tgan yo'li va ko'chishining kattaligini toping.

Berilgan

$$h_0 = 3 \text{ m};$$

$$h_1 = 1 \text{ m};$$

$$s = ?$$

$$|\Delta r| = ?$$

Yechish. Soddalik uchun koptokning harakati OY o'qi bo'ylab ro'y beradi, deb hisoblaymiz (17-rasm). Koptokning bosib o'tgan yo'li uning trayektoriyasining uzunligiga teng. Ya'ni,

$$s = h_0 + h_1.$$

Koptokning ko'chishi esa

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_0.$$

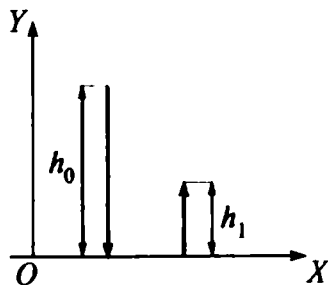
Agar $|\vec{r}_0| = h_0$; $|\vec{r}_1| = h_1$ ekanligini e'tiborga olsak, $\Delta r = h_1 - h_0$.

Berilganlarni topilgan ifodalarga qo'ysak,

$$s = 3 \text{ m} + 1 \text{ m} = 4 \text{ m};$$

$$|\Delta r| = |1 \text{ m} - 3 \text{ m}| = | -2 \text{ m}|,$$

$$\text{Javob: } s = 4 \text{ m}; |\Delta r| = 2 \text{ m}.$$



17- rasm.

2 - masala. Tosh $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ tezlik bilan minoradan gorizontaal yo'nalishda otildi. Agar u 2 s dan keyin yerga tushsa, minoraning balandligi va toshning minora asosidan qancha masofada tushishi aniqlansin.

Berilgan:

$$v_0 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$h = ?$$

$$l = ?$$

Yechish. Toshning vertikal yo'nalishida o'tgan yo'li minoraning balandligi

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

ni ko'rsatsa, gorizontaal yo'nalishda o'tgan yo'li esa toshning minora asosidan qancha masofada tushganini ko'rsatadi:

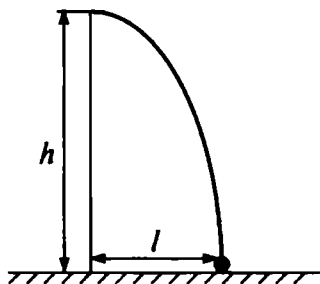
$$l = v_0 t.$$

Berilganlarning son qiymatlarini o'r-niga qo'yib hisoblaymiz:

$$h = \frac{9,81 \cdot 4}{2} \text{ m} = 19,62 \text{ m};$$

$$l = 4 \cdot 2 \text{ m} = 8 \text{ m}.$$

J a v o b: $h = 19,62 \text{ m}; l = 8 \text{ m}.$



18- rasm.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1) Moddiy nuqta koordinatalari $x_1 = 0; y_1 = 2 \text{ m}$ bo'lgan nuqtadan $x_2 = 4 \text{ m}$ va $y_2 = -1 \text{ m}$ bo'lgan nuqtaga ko'chadi. Moddiy nuqta bosib o'tgan yo'lni, ko'chishni va ko'chishning koordinata o'q-laridagi proyeksiyalarini toping. ($s = |\Delta r| = 5 \text{ m}; |\Delta r_x| = 4 \text{ m}; |\Delta r_y| = 3 \text{ m}$).

2) Velosipedchi dastlabki 5 s da 40 m, keyingi 10 s da 100 m va oxirgi 5 s da 20 m yurgan. Yo'ning har qaysi qismidagi va butun yo'ldagi o'rtacha tezliklarni toping.

$$(v_1 = 8 \text{ m/s}; v_2 = 10 \text{ m/s}; v_3 = 4 \text{ m/s}; v_{o,\tau} = 8 \text{ m/s}.)$$

3) $0,4 \text{ m/s}^2$ tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilning tezligi qancha vaqt o'tgandan keyin 12 m/s dan 20 m/s gacha ortadi? ($t = 20 \text{ s}$)

4) Minoraning balandligi 57,5 m . Jism bu minoradan qancha vaqtda tushadi va uning yerga urilish oldidan tezligi qancha bo'ladi? ($t = 3,4$ s; $v = 33,6$ m/s.)

Test savollari

1. Moddiy nuqtaning vaqt birligida o'tgan yo'li bilan xarakterlanuvchi fizik kattalikka ... deyiladi.

- A. Tezlanish.
- B. Tezlik.
- C. Ko'chish.
- D. Yo'l.
- E. To'g'ri javob yo'q.

2. Tezlik modulining o'zgarishini nima xarakterlaydi?

- A. Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi.
- B. Tezlanish.
- C. Tezlanishning normal tashkil etuvchisi.
- D. Markazga intilma tezlanish.
- E. To'g'ri javob B va C.

3. Tezlik yo'nalishining o'zgarishini nima xarakterlaydi?

- A. Tezlanishning normal tashkil etuvchisi.
- B. Markazga intilma tezlanish.
- C. Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi.
- D. Urinma tezlik.
- E. To'g'ri javob A va B.

4. $a_1 = 0$, $a_n = 0$ qanday harakat?

- A. To'g'ri chiziqli tekis harakat.
- B. Egri chiziqli tekis harakat.
- C. Aylana bo'ylab tekis harakat.
- D. To'g'ri chiziqli notekis harakat.
- E. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat.

Asosiy xulosalar

Mexanik harakat deb, jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan vaziyatining o'zgarishiga aytiladi.

Moddiy nuqta deb, ma'lum massaga ega bo'lgan, lekin harakati o'rganilayotgan holda shakli va o'lchamlarini hisobga olmaslik mumkin bo'lgan jismga aytiladi.

Absolut qattiq jism deb, mutlaq deformatsiyalanmaydigan, ya'ni har qanday kuch ta'sirida ham istalgan ikki zarrasi orasidagi masofa o'zgarmay qoladigan jismga aytiladi.

Qattiq jismning ilgarilanma harakati deb uning istalgan nuqtasiga biriktirilgan to'g'ri chiziq harakat davomida o'zining dastlabki holatiga parallel bo'lib qoladigan harakatga aytiladi.

Qattiq jismning aylanma harakati deb uning barcha nuqtalari aylanish o'qi deb ataluvchi ma'lum o'q atrofida aylanalalar bo'ylab harakatlanishiga aytiladi.

Sanoq sistemasi deb, jism bilan bog'langan va unga nisbatan boshqa jismlar yoki moddiy nuqtalarning harakati (yoki muvozanati) o'rganiladigan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchash asbobidan iborat sistemaga aytiladi.

Vektor kattaliklar deb, son qiymatidan tashqari yo'nalishini ham ko'rsatish zarur bo'lgan kattaliklarga aytiladi.

Tezlik vektori deb, moddiy nuqta ko'chish vektorining shu ko'chish uchun sarflangan vaqtga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi. Uning SI dagi birligi 1 m/s .

Tezlanish vektori deb, tezlik vektori o'zgarishining shu o'zgarish uchun sarflangan vaqtga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi. Uning SI dagi birligi 1 m/s^2 .

Erkin tushish deb, jismlarning faqatgina og'irlik kuchi ta'sirida bo'ladigan harakatiga aytiladi.



Yuqorida qayd etilganidek, dinamika jismlarning harakat qonunlarini bu harakatni vujudga keltiruvchi va o'zgartiruvchi sabablar bilan birgalikda o'rganadi. Shuning uchun ham dinamika mexanikaning asosiy bo'limi hisoblanadi. Dinamikaning asosini Nyuton qonunlari tashkil etadi. Bu qonunlar I.Nyutonning 1687- yilda chop etilgan «Natural filosofiyaning matematik asoslari» asarida bayon qilingan.



7- §. Nyuton qonunlari va ularning tajribaviy asoslari. Inersial va noinersial sanoq sistemalari

Mazmuni: Nyutonning birinchi qonuni; inersial sanoq sistemasi; inertlik, massa, kuch tushunchalari. Nyutonning ikkinchi qonuni; kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi. Nyutonning uchinchi qonuni. Galileyning nisbiylik prinsipi.

Nyutonning birinchi qonuni. Nyutonning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi: **har qanday jism, boshqa jismlar ta'siri boshlang'ich holatini o'zgartirishga majbur etmaguncha, o'zining tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakati holatini saqlaydi.**



I. Nyuton
(1643 — 1727)

Futbol to'pining futbolchi tepmagunicha maydonda tinch turishi, avtobus harakati boshlanganda orqa tomonga, harakatlanayotgan avtobus to'xtaganda oldinga qarab silkinishimiz bu qonunning kundalik hayotimizda o'rinni ekanligini ko'rsatadi.

Shu bilan birga, Nyutonning birinchi qonuni «inertlik» tushunchasi bilan chambarchas bog'liqdir.

Inertlik. *Inertlik deb, jismning tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat holatini saqlash xususiyatiga aytiladi.* Shuning uchun ham Nyutonning birinchi qonunini inersiya qonuni ham deyishadi. Nyuton qonunlari faqat inersial sanoq sistemalaridagina bajariladi.

Inersial sanoq sistemasi. Nyutonning birinchi qonuni bajariladigan sanoq sistemalariga *inersial sanoq sistemalari* deyiladi.

Inersial sanoq sistemasiga nisbatan tinch yoki to'g'ri chizikli tekis harakat qilayotgan har qanday sistema inersial sanoq sistemasi bo'ladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, geliotsentrik (koordinata boshlari quyoshning markazida) sistemani inersial sanoq sistemasi deb hisoblash mumkin. Fizikada juda ko'p sistemalar inersial sanoq sistemalari sifatida qaraladi, chunki bu hollarda yo'l qo'yiladigan xatoliklar e'tiborga olmaydigan darajada kichik bo'ladi.

Nyutonning birinchi qonuni bajarilmaydigan har qanday sanoq sistemasiga *noinersial sanoq sistemasi* deyiladi.

Endi dinamika uchun juda zarur bo'lgan massa va kuch tushunchalari bilan tanishaylik.

Massa. Jismning *massasi* materiyaning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lib, uning inertligining miqdoriy o'lchovidir. Boshqacha aytganda, tinch yoki to'g'ri chizikli tekis harakat holatini saqlash xususiyati katta bo'lgan jismning massasi ham katta bo'ladi. Fizikada massani m harfi bilan belgilash qabul qilingan. SI sistemasida massa birligi bir kilogramm, ya'ni $[m] = 1 \text{ kg}$. Jismning tinch yoki to'g'ri chizikli tekis harakat holatini o'zgartirish uchun unga tashqaridan ta'sir ko'rsatilishi kerak. Bunday ta'sirni xarakterlash uchun *kuch* tushunchasi kiritiladi.

Kuch. Kuch ta'sirida jism o'zining harakat tezligini o'zgartiradi, ya'ni tezlanish oladi. Bu kuchning dinamik namoyon bo'lishidir. Shuningdek, kuch ta'sirida jism deformatsiyalanishi, ya'ni shakli va o'lchamlarini ham o'zgartirishi mumkin. Bunga kuchning statik namoyon bo'lishi deyiladi. Kuch vektor kattalik bo'lib, nafaqat son qiymati bilan, balki yo'nalishi va qaysi nuqtaga qo'yilishi bilan ham xarakterlanadi.

Kuch vektor kattalik bo'lib, jismga boshqa jismlar va maydonlar tomonidan ko'rsatilayotgan mexanik ta'sirning o'lchovi hisoblanadi va bu ta'sir natijasida jism yoki tezlanish oladi, yoki o'zining shakli va o'lchamlarini o'zgartiradi.

Fizikada kuchni F harfi bilan belgilash qabul qilingan.

Kuch ta'sirida jismning mexanik harakati qanday o'zgaradi? degan savol tug'iladi. Bu savolga Nyutonning ikkinchi qonuni javob beradi.

Nyutonning ikkinchi qonuni. Quyidagicha tajriba o'tkazamiz: dastlab, o'zgarmas massali jismga ($m = \text{const}$) turli kuchlarning ta'sirini ko'raylik. Masalan, futbol to'pini yosh bola, o'spirin va futbolchi tepsin. Tabiiyki, to'p eng katta tezlanishni futbolchi

tepganida oladi, boshqacha aytganda, jismning oladigan tezlanishi unga ta'sir etayotgan kuchga to'g'ri proporsional bo'ladi, ya'ni

$$a \sim F.$$

Endi futbolchi ($F = \text{const}$) rezina koptokni, futbol to'pini va bokschilar mashq o'tkazadigan to'pni tepgan holni ko'raylik. Bu tajriba o'zgarmas kuch ta'sirida jismning oladigan tezlanishi uning massasiga teskari proporsional ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

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

Agar yuqoridagi xulosalar umumlashtirilsa,

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

hosil qilinadi.

Yoki tezlanish \vec{a} va kuch \vec{F} vektor kattaliklar ekanligini e'tiborga olsak,

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (7.1)$$

hosil bo'ladi.

Bu formula Nyutonning ikkinchi qonunini ifodalaydi: **jismning oladigan tezlanishi unga ta'sir etayotgan kuchga to'g'ri, massasiga esa teskari proporsional bo'lib, yo'nalishi ta'sir kuchining yo'nalishi bilan mos keladi.**

(7.1) dan \vec{F} ni aniqlasak,

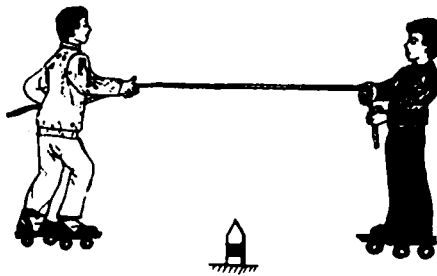
$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (7.2)$$

(7.2) ifoda kuchning SI dagi birligi (nyuton) nimaga tengligini aniqlashga imkon beradi.

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

1 N kuch deb, 1 kg massali jismga 1 m/s² tezlanish bera oladigan kuchga aytiladi.

Nyutonning uchinchi qonuni. Biz biror jismning yoki jismlarning, boshqa jismga ta'siri haqida gapirdik. Tabiiyki, ta'sir ko'rsatilayotgan jism o'zini qanday tutadi, degan savol tug'iladi. Tajribalarning ko'rsatishicha, u ham ko'rsatilayotgan ta'sirga teng va qarama-qarshi yo'nalgan kuch bilan ta'sir ko'rsatadi. Moddiy nuqtalar (jismlar) orasidagi bunday o'zaro ta'sir Nyutonning uchinchi qonuni yordamida aniqlanadi: **moddiy nuqtalarning bir-biriga har qanday ta'siri o'zaro ta'sir xarakteriga egadir. Moddiy nuqtalar**



19- rasm.

ta'sir kuchlarining kattaliklari doimo bir-biriga teng, yo'nalishlari qarama-qarshi va ularni tutashtirgan to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (7.3)$$

Masalan, ikkita qayiq haydovchilari arqonning ikki tomonidan ushlab turgan bo'lishsin. Ular orasidagi masofaning teng o'rtasini belgilaymiz. Endi qayiq haydovchilardan biri arqonni torta boshlasin. Ikkinchisi esa arqonning uchini ushlab turaversin. Qayiqlar oradagi masofaning teng o'rtasida uchrashganini ko'ramiz. Shu tajribani rolikli konkichilar bilan ham o'tkazib ko'rish mumkin (19- rasm). Bu tajribalar Nyutonning uchinchi qonuni o'rinliligini ko'rsatadi. Shuningdek, markazga intilma va markazdan qochma kuchlarning tengligi ham Nyutonning uchinchi qonunining isbotidir.

Nyuton qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil ko'rinishga egami? Biz yuqorida Nyuton qonunlari klassik mexanikaning asosini tashkil qilishini aytgan edik. Shu bilan birga, bu qonunlar barcha inersial sanoq sistemalarida bajarilishini ham qayd etdik. Lekin ular barcha inersial sanoq sistemasida bir xil ko'rinishga egami degan savolga to'xtalmadik. Tajribalarning ko'rsatishicha, *Nyuton qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil ko'rinishga ega. Bunga Galileyning nisbiylik prinsipi deyiladi.* Bu prinsipning mohiyatiga «Nisbiylik nazariyasi elementlari» bobida kengroq to'xtalamiz.



Sinov savollari

1. 1.Nyuton kim va uning fizika fanidagi xizmatlari nimalardan iborat? 2.Nyuton qonunlarining ahamiyati nimalardan iborat? 3. Nyutonning birinchi qonuni. 4. Nyutonning birinchi qonunining o'rinliligini ko'rsatuvchi uchta misol keltiring. 5. Inertlik nima? Inertlik va massa orasidagi bog'lanish va farq nimada? 6. Nyuton qonunlari istalgan sanoq sistemasida ham bajariladimi? 7. Inersial sanoq sistemasi deb qanday

sanoq sistemasiga aytiladi? 8. Inersial sanoq sistemasi mavjudmi? 9. Kuch qanday kattalik? 10. Jism oladigan tezlanish massaga va kuchga bog'liqmi? 11. Nyutonning ikkinchi qonuni nimaga asoslangan? 12. Kuch ta'sir etayotgan jism o'zini qanday tutadi? 13. Nyutonning uchinchi qonuni nimaga asoslangan? 14. O'zaro ta'sir kuchlarining yo'nalishi qanday bo'ladi? 15. Nyutonning uchinchi qonuniga uchta misol keltiring. 16. Nyuton qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil ko'rinishga ega mi?



8- §. Teng ta'sir etuvchi kuch va kuchning tashkil etuvchilari. Kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi

M a z m u n i : Teng ta'sir etuvchi kuch, kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi, markazga intilma kuch, markazdan qochma kuch.

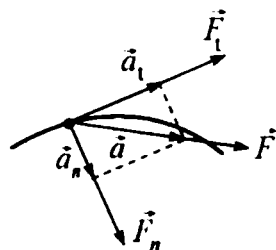
Teng ta'sir etuvchi kuch va kuchning tashkil etuvchilari. Jismning faqat bitta kuch ta'siri ostidagi harakati kamdan kam uchraydi. Ko'p hollarda jismga bir vaqtning o'zida bir nechta kuch ta'sir qiladi. Bu kuchlarni o'zining ta'sir natijasi bilan o'sha kuchlarga teng kuchli bo'lgan bitta kuch bilan almashtirish mumkin. Bu bitta kuchga shu kuchlarning **teng ta'sir etuvchisi** deyiladi.

Teng ta'sir etuvchi kuch bilan almashtirilgan kuchlar uning tashkil etuvchilari deyiladi.

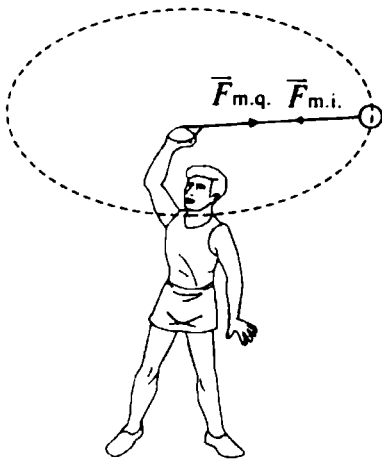
Berilgan tashkil etuvchi kuchlarga muvofiq teng ta'sir etuvchini topish — kuchlarni qo'shish deyiladi. Kuch vektor kattalik bo'lganligi sababli kuchlarni qo'shish ham vektorlarni qo'shish kabi bajariladi.

Kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi. *Agar moddiy nuqtaga bir paytda bir nechta kuch ta'sir etayotgan bo'lsa, unda har bir kuch go'yoki boshqa kuch moddiy nuqtaga ta'sir etmaganidek, Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq tezlanish beradi. Bu qoidaga kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi deyiladi.*

Bu prinsipga asosan, kuchlarni ham, tezlanishlarning tashkil etuvchilari kabi tashkil etuvchilarga ajratish mumkin. Ya'ni, tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi a_t yo'nalishiga mos ravishda harakat yo'nalishiga urinma bo'ylab yo'nalgan tangensial kuch F_t va tezlanishning normal tashkil etuvchisi a_n yo'nalishiga mos ravishda trayektoriya markaziga tik yo'nalgan normal kuch F_n (20- a rasm).



20- a rasm.



20- b rasm.

$$a_t = \frac{dv}{dt} \text{ va } a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

ligidan foydalanib, Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan

$$F_t = ma_t = m \frac{dv}{dt}, \quad (8.1)$$

$$F_n = ma_n = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R. \quad (8.2)$$

Agar moddiy nuqtaga bir nechta kuch ta'sir etayotgan bo'lsa, unda kuchlarning mustaqillik prinsipiga asosan, Nyutonning ikkinchi qonunidagi \vec{F} ga bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi sifatida qaraladi.

Markazga intilma kuch. (8.2) bilan aniqlanuvchi kuchning normal tashkil etuvchisiga markazga intilma kuch deyiladi:

$$F_{m.i.} = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R. \quad (8.3)$$

Demak, egri chiziqli trayektoriya bo'ylab harakatlanayotgan jism tezligi yo'nalishining o'zgarishiga olib keluvchi va harakat trayektoriyasidan normal bo'ylab markazga yo'nalgan kuchga markazga intilma kuch deyiladi.

Markazga intilma kuch qandaydir alohida kuch bo'lmay, jismni egri chiziqli trayektoriyada saqlaydigan har qanday kuch bo'lishi mumkin. Masalan, ipga bog'langan shar aylana bo'ylab harakatlanganda ipning sharga ko'rsatadigan ta'sir kuchi markazga intilma kuch $\vec{F}_{m.i.}$ bo'ladi (20- b rasm). Shuningdek, elastiklik kuchi, ishqalanish kuchi, og'irlik kuchi markazga intilma kuch sifatida namoyon bo'lishi mumkin. Oyning Yerga tortilish kuchi markazga intilma kuch bo'lib, Oyning Yer atrofida aylanishiga sabab bo'ladi.

Markazdan qochma kuch. 20- b rasmda ko'rinib turganidek, ip sharga qanday kuch bilan ta'sir ko'rsatsa, shar ham ipga shu kuchga teng, lekin qarama qarshi tomonga yo'nalgan kuch bilan ta'sir qiladi. Bu kuchga *markazdan qochma kuch* deyiladi. U radius bo'ylab, yoki aylana markazidan shar tomon yo'nalgan bo'ladi, ya'ni ip orqali qo'lga ta'sir qiladi. Markazdan qochma kuch tabiatiga ko'ra markazga intilma kuchdan farq qilmaydi.



Sinov savollari

1. Kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi nimaga asoslangan?
2. Kuchlarning teng ta'sir etuvchisi.
3. Markazga intilma kuch.
4. Markazga intilma kuchga misollar keltiring.
5. Markazdan qochma kuch.
6. Bu kuchlarning yo'nalishi.



9- §. Statika. Jismning muvozanati

M a z m u n i: statika; qattiq jismning muvozanati.

Statika. Fizikaning jism yoki jismlar sistemasining muvozanat qonunlarini o'rganadigan bo'limi statika deyiladi. «Statika» so'zi yunoncha „status“ — qo'zg'almas degan ma'noni anglatadi.

Kuchlar ta'sirida tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat holati jismning muvozanat holati deyiladi.

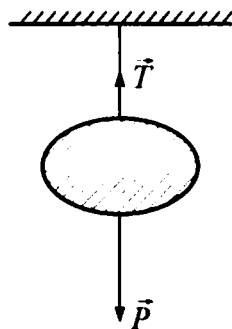
Aylanma harakat qilmaydigan jismning muvozanati. Ma'lumki, jismga ta'sir etadigan kuch yoki kuchlar sistemasi Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq unga ma'lum tezlanish beradi. Qachon bu kuchlar jismga tezlanish bera olmaydi? Bu kuchlarning yig'indisi nolga teng bo'lsagina, jismlar o'zlarining to'g'ri chiziqli tekis ilgarilanma harakatini yoki tinch holatini saqlaydi.

Aylanma harakat qilmaydigan jism unga qo'yilgan kuchlarning geometrik yig'indisi nolga teng bo'lgandagina muvozanat holatda bo'ladi.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0. \quad (9.1)$$

Osib qo'yilgan jismga ta'sir etayotgan og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchlarining geometrik yig'indisi nolga teng (21-rasm):

$$\vec{P} + \vec{T} = 0. \quad (9.2)$$



21- rasm.



Sinov savollari

1. Statika deb nimaga aytiladi?
2. Qattiq jismning muvozanati deb qanday holatga aytiladi?
3. Aylanma harakat qilmaydigan jism qachon muvozanat holatda bo'ladi?
4. Osib qo'yilgan jismning muvozanat sharti.

10- §. Butun olam tortishish qonuni



G. Kavendish
(1731 — 1810)

M a z m u n i : butun olam tortishish qonuni; gravitatsion doimiyning fizik ma'nosi; «gravitatsion massa» tushunchasi.

Yuqoriga otilgan jism, daraxtdan uzilgan olma, qanoti singan qush yerga tushishini kuzatamiz. Nega shunday, degan savol beramiz. Shu bilan birga, nega Yerning tabiiy yo'ldoshi bo'lmish Oy Yerdan uzoqlashib ketmaydi? Bunday savollarni ko'plab keltirish mumkin. Tabiiyki, bu savollarni bizdan necha yuz yillar oldin yashagan odamlar ham berishgan va tinimsiz izlanishlar natijasida ma'lum xulosalarga

ham kelishgan. Bu xulosalarni mantiqan umumlashtirish ingliz fizigi I.Nyutonga nasib etgan.

Butun olam tortishish qonuni. Ikkita istalgan moddiy nuqta bir-birini massalarining ko'paytmasiga to'g'ri va orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional kuch bilan tortadi. Bu kuchga gravitatsiya (tortishish) kuchi deyiladi. Tortishish kuchi moddiy nuqtalardan o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgandir:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (10.1)$$

bu yerda: m_1 , m_2 — moddiy nuqtalarning massalari, r — ular orasidagi masofa, G — gravitatsion doimiy.

Butun olam tortishish qonuni moddiy nuqta deb olish mumkin bo'lgan jismlar uchun o'rinlidir. Boshqacha aytganda, jismlarning kattaliklari ular orasidagi masofaga nisbatan e'tiborga olmaydigan darajada kichik bo'lishi kerak.

Gravitatsion doimiyning fizik ma'nosi. Gravitatsion doimiyning fizik ma'nosini aniqlash uchun (10.1) dan G ni topib olamiz:

$$G = \frac{F \cdot r^2}{m_1 \cdot m_2}. \quad (10.2)$$

Agar $r = 1\text{m}$, $m_1 = m_2 = 1\text{kg}$ deb olsak, G ning son jihatdan tortishish kuchi F ga teng bo'lib qolishini ko'ramiz:

$$G = F \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}. \quad (10.3)$$

Demak, gravitatsion doimiy G son jihatdan massalari 1 kg, oralaridagi masofa 1 m bo'lgan ikkita moddiy nuqta orasidagi tortishish kuchiga teng. Yerdagi jismlar orasida tortishish kuchlarining mavjudligini va gravitatsion doimiyning qiymatini birinchi bo'lib aniqlagan kishi ingliz fizigi Kavendish hisoblanadi.

Bugungi kunda gravitatsion doimiyning quyidagi:

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

son qiymati olinadi.

Massa — gravitatsiya (tortishish) o'lchovi sifatida. Biz massani jism inertligining miqdoriy o'lchovi deb ta'riflagan edik. (18.1) ifodada esa u tortishish o'lchovi sifatida namoyon bo'lmoqda. Ya'ni jismlarning massalari katta bo'lsa, tortishish kuchi ham katta bo'ladi, va aksincha.

Jismlarning o'zaro tortishish kuchlari orqali aniqlangan massasiga *gravitatsion massa* deyiladi. Shuning uchun ham, massa materiyaning asosiy tavsiflaridan biri bo'lib, uning inersion va gravitatsion xossalari aniqlaydi.

Bugungi kunda inert va gravitatsion massalar bir-biriga teng ekanligi isbotlangan. Shuning uchun ham qisqacha massa iborasidan foydalanish maqsadga muvofiq.



Sinov savollari

1. Daraxtdan uzilgan olma nega yerga tushadi?
2. Butun olam tortishish qonuni nima?
3. Butun olam tortishish qonuniga beshta misol keltiring.
4. Butun olam tortishish qonuni istalgan jismlar uchun o'rinlimi?
5. Gravitatsion doimiysining fizik ma'nosi.
6. Gravitatsion doimiyini birinchi bo'lib kim aniqlagan?
7. «Gravitatsion massa» tushunchasi.
8. Inert va gravitatsion massalar tengmi?



11- §. Tortishish maydoni. Og'irlik kuchi va vazn. Vaznsizlik

Mazmuni: tortishish maydoni va uning xarakteristikallari; og'irlik kuchi; jismning vazni; vaznning ortishi va kamayishi; vaznsizlik.

Tortishish maydoni va uning tavsifi. Butun olam tortishish qonuni, tortishish kuchi, jismlarning massasi va ular orasidagi masofaga bog'liqligini ko'rsatadi, lekin bu ta'sir qanday amalga

oshishini ko'rsata olmaydi. Tortishish kuchlari o'zaro ta'sirlashayotgan jismlar qanday muhitda bo'lishiga mutlaqo bog'liq bo'lmay, hatto vakuumda ham mavjuddir. Unda jismlarning gravitatsion ta'siri qanday amalga oshadi, degan savol tug'iladi. *Tajribalarning ko'rsatishicha, bu ta'sir tortishish maydoni yoki gravitatsion maydon orqali amalga oshiriladi.* Bu g'oyaga muvofiq, har bir jismning atrofida gravitatsion maydon mavjud. Biz bu maydonni ko'rmaymiz, lekin qurilmalar yordamida uning mavjudligini qayd etib (Kavendish tajribasi), ta'sirini, ya'ni Yerga tortilishimizni sezamiz. Gravitatsion ta'sir barcha muhitlarda ham mavjud va barcha jismlarga ta'sir etadi. Jismdan uzoqlashgan sari uning ta'siri susaya boradi. *Gravitatsion ta'sir jismlar tomonidan vujudga keltiriladi va materiya mavjudligining ko'rinishlaridan biridir.* Uning asosiy xususiyati shundan iboratki, gravitatsion maydonga kiritilgan m massali jismga

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (11.1)$$

tortishish kuchi ta'sir etadi. \vec{g} tortishish maydonining kuchlanganligi deyilib, birlik massali moddiy nuqtaga maydon tomonidan ta'sir etadigan kuch bilan aniqlanadi va yo'nalishi kuch yo'nalishi bilan mos keladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, gravitatsion maydon — potensial maydon bo'lib, undagi kuch (og'irlik kuchi) — konservativ kuchdir.

Og'irlik kuchi. Yuqorida qayd etilganidek, Yerning atrofida ham tortishish maydoni mavjud va unga kiritilgan har qanday jismga \vec{P} og'irlik kuchi ta'sir etadi. Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq, bu kuch ta'sirida jism g tezlanish oladi. Demak, Yer bilan bog'liq sanoq sistemasiga kiritilgan har qanday m massali jismga

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (11.2)$$

og'irlik kuchi ta'sir etadi. g — erkin tushish tezlanishi, uning qiymati $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ga teng.

Agar Yerning o'z o'qi atrofida aylanishini e'tiborga olmasak, Yerning sirtida og'irlik va tortishish kuchlari teng bo'ladi, ya'ni

$$P = mg = F = G \frac{mM}{R^2}, \quad (12.3)$$

bu yerda: M — Yerning massasi, R — jism va Yer markazi orasidagi masofa.

Agar jism Yer sirtidan h balandlikda joylashgan bo'lsa,

$$P = G \frac{mM}{(R_0 + h)^2} \quad (11.4)$$

bo'ladi. Bu yerda R_0 — Yerning radiusi. Demak, Yerning sirtidan uzoqlashgan sari og'irlik kuchi kamaya boradi.

Jismning vazni. Jismning vazni deb, Yerga tortilishi natijasida vujudga keladigan va uni erkin tushishdan saqlab turgan tayanchga yoki ilgakka ko'rsatadigan bosim kuchiga aytiladi.

Jismning vazni u erkin tushish tezlanishidan farqli tezlanish bilan harakatlengandagina, ya'ni unga og'irlik kuchidan tashqari boshqa kuchlar ham ta'sir etgandagina namoyon bo'ladi. Boshqa hollarda esa u og'irlik kuchiga teng bo'ladi.

Vaznsizlik holati. Jismning vaznsizlik holati deb, uning faqatgina og'irlik kuchi ta'siridagi harakat holatiga aytiladi. Shunday qilib, Yerga bog'langan sanoq sistemasida og'irlik kuchi doimo ta'sir ko'rsatadi, vazn esa jismga og'irlik kuchidan tashqari boshqa kuchlar ham ta'sir etgandagina namoyon bo'ladi. Bu kuchlar ta'sirida jism \bar{g} ga teng bo'lmagan \bar{a} tezlanish bilan harakat qiladi. Demak, Yerning tortish maydonida jism \bar{a} tezlanish bilan harakatlanayotgan bo'lsa, unga og'irlik kuchi \bar{P} dan tashqari yana biror kuch \bar{N} ham ta'sir etadi. Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq jism aynan shu kuchlar yig'indisi ta'sirida \bar{a} tezlanish oladi.

$$\bar{N} + \bar{P} = m\bar{a}. \quad (11.5)$$

Ushbu ifodadan jismning vazni

$$\bar{P}' = -\bar{N} = \bar{P} - m\bar{a} = m\bar{g} - m\bar{a} = m(\bar{g} - \bar{a}). \quad (11.6)$$

Agar jism harakatsiz bo'lsa, yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatlansa, $\bar{a} = 0$ va

$$\bar{P}' = m\bar{g} \quad (11.7)$$

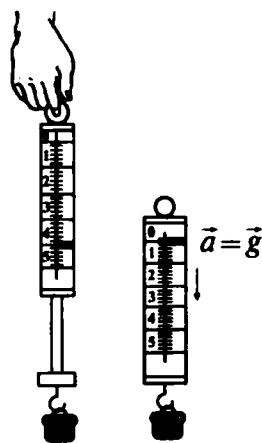
bo'ladi.

Agar jism og'irlik kuchi maydonida harakatlanayotgan bo'lsa, unda $\bar{a} = \bar{g}$ va

$$\bar{P}' = 0, \quad (11.8)$$

ya'ni jism vaznsiz holatda bo'ladi (22- rasm).

Kosmosda erkin harakatlanayotgan jismlar uchun $g = 0$ ligidan ular vaznsizlik holatida deyiladi.



22- rasm.

Jism vaznining ortishi va kamayishi. Jismning vazni uchun yozilgan (11.6) ifodani chuqurroq tahlil qilaylik.

$$\bar{P}' = m (\bar{g} - \bar{a}).$$

Qavs ichida erkin tushish tezlanishi \bar{g} va jismning tezlanishi \bar{a} ning vektorial ayirmasi turibdi. Demak, $\bar{a} \neq 0$ dan boshlab jismning vazni namoyon bo'la boshlaydi va $m\bar{a}$ ga o'zgaradi. Ya'ni vaznsizlana boradi.

Jism \bar{g} yo'nalishida (ya'ni pastga qarab) tezlanish bilan harakatlana boshlasa, uning vazni $m\bar{a}$ ga kamayadi.

Liftda pastga tushayotgan kishi lift tezlanish bilan harakatlangan dastlabki lahzada, aynan vaznining kamayishi natijasida go'yoki o'zini yengillashgandek sezadi.

Endi tezlanish \bar{a} ning yo'nalishi erkin tushish tezlanishi \bar{g} ning yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lgan holni qaraylik. Bunda \bar{a} ning qiymati \bar{g} ga qo'shiladi, ya'ni

$$\bar{P}' = m (\bar{g} + \bar{a})$$

bo'ladi. Demak, $a \neq 0$ dan boshlab jismning vazni $m\bar{a}$ ga ortadi, ya'ni vaznning ortishi kuzatiladi.

Liftda yuqoriga ko'tarilayotgan kishi, lift tezlanish bilan harakatlangan dastlabki lahzada, aynan vaznning ortishi natijasida go'yoki o'zini og'irlashgandek sezadi.



Sinov savollari

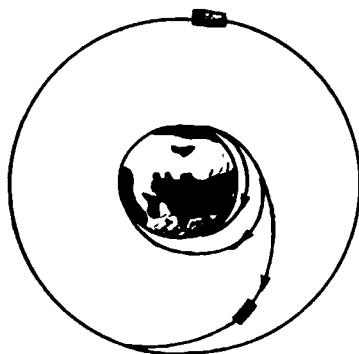
1. Jismlarning tortishishi qanday amalga oshadi? 2. Tortishish kuchi jismlar turgan muhitga bog'liqmi? 3. Tortishish maydoni qayerda paydo bo'ladi? 4. Tortishish maydoni reallikmi? 5. Tortishish maydonining kuchlanganligi qanday aniqlanadi? 6. Tortishish maydoni qanday maydon? 7. Og'irlik kuchi qanday aniqlanadi? 8. Erkin tushish tezlanishining mavjudligiga sabab nima? 9. Og'irlik va tortishish kuchlari qachon teng bo'ladi? 10. Og'irlik kuchi balandlikka bog'liqmi? 11. Jismning vazni qanday aniqlanadi? 12. Jismning vazni qachon namoyon bo'ladi? 13. Jismning vaznsizlik holati deb qanday holatga aytiladi? 14. Kosmosda erkin harakatlanayotgan jism vaznsizlik holatidami? 15. Pastga qarab tezlanish bilan harakatlanayotgan jismning vazni qanday bo'ladi? 16. Yuqori tomonga tezlanish bilan harakatlanayotgan jismning vazni-chi?



12- §. Kosmik tezliklar

M a z m u n i: kosmik tezliklar haqida tushuncha; birinchi, ikkinchi va uchinchi kosmik tezliklar.

Kosmik tezliklar. Biror jismni Yer sirtidan yuqoriga otsak, ma'lum balandlikka ko'tarilib, qaytib tushadi. U Yer sirtiga nisbatan o'tkir burchak hosil qiladigan qilib otilsa, biror balandlikka ko'tarilib, ma'lum masofaga borib tushadi. Agar jismning tezligini orttirib borsak, uning shunday qiymatiga erishishimiz mumkin-



23- rasm.

ki, bu tezlikdan boshlab jism Yer atrofida biror aylana orbita bo'ylab harakat qila boshlaydi (23- rasm). Ana shu tezlikdan boshlab jismga beriladigan tezliklarga kosmik tezliklar deyiladi. Jismni kosmosga chiqarishdan oldin qo'yilgan maqsadga qarab unga turli xil boshlang'ich tezliklar beriladi.

Birinchi kosmik tezlik. *Birinchi kosmik tezlik deb, jismga, u Yer atrofida aylana orbita bo'ylab harakatlanishi, ya'ni Yerning sun'iy yo'ldoshi bo'lib qolishi uchun berish zarur bo'lgan eng kichik tezlikka aytiladi.*

Demak, jism Yer atrofida R radiusli aylana bo'ylab tekis harakatlanadi. Unga ikkita, og'irlik kuchi tezlanishi g va aylana harakat-

dagi normal tezlanishi $\frac{v^2}{R}$ ta'sir qiladi. Bu tezlanishlar teng bo'lgandagina jism aylana orbita bo'ylab tekis harakatlanishi mumkin.

$$\frac{v^2}{R} = g, \quad (12.1)$$

bundan

$$v_1 = \sqrt{gR} \quad (12.2)$$

birinchi kosmik tezlikni hosil qilamiz. Jism Yer sirtidan uncha balandda emas deb hisoblab, R ning o'rniga Yer radiusining qiymatini va erkin tushish tezlanishining qiymatini (12.2) ga qo'yib topamiz:

$$v_1 = 7,9 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 7,9 \text{ km/s.}$$

Ikkinchi kosmik tezlik. *Ikkinchi kosmik tezlik deb, jismga, u Yerning tortish maydonini yengib, Quyosh atrofida parabola shaklidagi orbita bo'ylab harakatlanishi, ya'ni Quyoshning sun'iy yo'ldoshiga aylanib qolishi uchun berish zarur bo'lgan eng kichik tezlikka aytiladi.*

Ikkinchi kosmik tezlik quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$v_2 = \sqrt{2gR} = 11,2 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 11,2 \text{ km/s.}$$

Uchinchi kosmik tezlik. *Uchinchi kosmik tezlik deb, jismga quyoshning tortish maydonini yengib, Quyosh sistemasini tark etishi uchun Yerda berilishi zarur bo'lgan eng kichik tezlikka aytiladi.*

Uchinchi kosmik tezlikning qiymati

$$v_3 = 16,7 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 16,7 \text{ km/s}$$

ga teng.



Sinov savollari

1. Qanday tezliklarga kosmik tezliklar deyiladi? 2. Birinchi kosmik tezlik deb qanday tezlikka aytiladi? 3. Birinchi kosmik tezlik qanday aniqlanadi? 4. Birinchi kosmik tezlik nimaga teng? 5. Ikkinchi kosmik tezlik deb qanday tezlikka aytiladi? 6. Ikkinchi kosmik tezlik nimaga teng? 7. Uchinchi kosmik tezlik deb qanday tezlikka aytiladi? 8. Uchinchi kosmik tezlik nimaga teng?



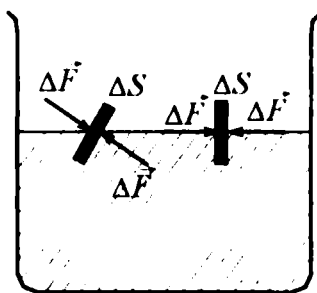
13- §. Suyuqliklar va gazlarda bosim. Paskal va Arximed qonunlari

M a z m u n i : suyuqliklar va gazlar; suyuqliklarda va gazlarda bosim; Paskal qonuni; gidrostatik bosim; Arximed qonuni.

Garchi suyuqliklar va gazlar ba'zi xossalari bilan bir-biridan farq qilsalarda, ko'pchilik mexanik hodisalarda ularning holati bir xil parametrlar va o'xshash tenglamalar bilan aniqlanadi. Shuning uchun ham suyuqliklar va gazlarning muvozanati, harakati, o'zaro va silliq aylanib o'tadigan qattiq jismlar bilan ta'siri birgalikda ko'riladi.

Suyuqliklar va gazlar. Gazlarning molekularlari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari juda kichik, ya'ni ular bir-birlari bilan qariyb bog'lanmagan. Shuning uchun ham ular doimo betartib harakat qilib, ajratilgan hajmni to'la egallaydi. Gazning hajmi u egallagan idishning hajmiga teng bo'ladi.

Gazlardan farqli ravishda suyuqliklarning molekulari bir-birlari bilan ancha mustahkam bog'langan va ular orasidagi masofa qariyb o'zgarmaydi. Shuning uchun ham suyuqlik siqilmaydi. Suyuqlik molekulari juda yaxshi o'rin almashish xususiyatiga ega. Suyuqlik o'zi solingan idish shaklini egallaydi va oquvchanlik xususiyatiga ega.



24- rasm.

Suyuqliklar va gazlarda bosim. Suyuqliklarning zichligi bosimga deyarli bog'liq emas. Gazlarning zichligi esa bosimga bog'liq. Ko'pincha suyuqliklar va gazlarning siqilishini e'tiborga olmasdan siqilmas suyuqlik modulidan foydalanish mumkin.

Tinch turgan suyuqlikka yupqa plastinkalarni kiritaylik. Plastinkaning turli tomonlarida bo'lgan suyuqliklar uning har bir ΔS yuza elementiga, kattaliklari teng ΔS ga tik yo'nalgan ΔF kuchlar bilan ta'sir qiladi (24- rasm).

Tinch turgan suyuqlikka yupqa plastinkalarni kiritaylik. Plastinkaning turli tomonlarida bo'lgan suyuqliklar uning har bir ΔS yuza elementiga, kattaliklari teng ΔS ga tik yo'nalgan ΔF kuchlar bilan ta'sir qiladi (24- rasm).

Birlik yuzaga suyuqlik tomonidan ta'sir etuvchi normal kuch bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka suyuqlikning bosimi deyiladi.

$$p = \frac{\Delta F}{\Delta S} \quad (13.1)$$

Bosimning SI dagi birligi — paskal (Pa):

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{1\text{N}}{1\text{m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1\text{Pa}.$$

SI da bosim birligi sifatida 1m^2 yuzaga normal yo'nalgan 1N kuchning hosil qiladigan bosimi qabul qilingan.

Atmosfera bosimini o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarga *barometr*, berk idishdagi yoki boshqa bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarga esa *manometr* deyiladi.

Paskal qonuni. Muvozanat vaziyatdagi suyuqliklarning bosimi **Paskal qonuniga** bo'ysunadi: *Harakatsiz suyuqlikning istalgan joyidagi bosim hamma yo'nalishlarda bir xil va harakatsiz suyuqlik egallagan hajm bo'ylab o'zgarishsiz uzatiladi. Paskal qonuni gazlar uchun ham o'rinli.*

Gidrostatik bosim. Arximed qonuni. Suyuqlikning vazni harakatsiz, siqilmaydigan suyuqlik ichidagi bosimning taqsimlanishiga qanday ta'sir qilishini ko'raylik. *Suyuqlikning muvozanat holatida*

gorizontal sath bo'yicha bosimi bir xil bo'ladi. Aks holda muvozanat bo'lmas edi. Shuning uchun ham harakatsiz suyuqlikning erkin sathi doimo gorizontal holatda bo'ladi. Agar suyuqlik siqilmaydigan bo'lsa, uning zichligi bosimga bog'liq bo'lmaydi. Zichligi ρ bo'lgan suyuqlik ko'ndalang kesim yuzasi S , balandligi h ustunining vazni

$$P = mg = \rho Vg = \rho gSh.$$

Bu yerda: m — suyuqlik ustunining massasi; g — erkin tushish tezlanishi; V — suyuqlik ustunining hajmi.

Pastgi asosdagi bosim

$$p = \frac{P}{S} = \frac{\rho gSh}{S} = \rho gh. \quad (13.2)$$

Demak, suyuqlik asosidagi bosim sathning balandligiga bog'liq ekan. Ya'ni suyuqlikning pastki qatlamidagi bosim yuqori qatlamdagidan ko'ra kattaroq bo'ladi va shuning uchun ham suyuqlikka botirilgan jismga itarib chiqaruvchi kuch ta'sir etadi. Bu kuchga Arximed kuchi deyiladi: **Suyuqlikka botirilgan jismga shu suyuqlik tomonidan yuqoriga yo'nalgan va jism siqib chiqargan suyuqlik vazniga teng bo'lgan itaruvchi kuch ta'sir etadi:**

$$F_A = \rho_s gV. \quad (13.3)$$

Jismning suyuqlikdagi og'irligi

$$P_s = mg - F_A = \rho_j Vg - \rho_s Vg = (\rho_j - \rho_s)Vg, \quad (13.4)$$

bu yerda: ρ_s — suyuqlikning zichligi; ρ_j — jismning zichligi; V — suyuqlikka botirilgan jismning hajmi; Arximed kuchi gazlarda ham mavjuddir.



Sinov savollari

1. Gazning hajmi qanday aniqlanadi?
2. Suyuqliklar idishning shaklini olishiga sabab nima?
3. Suyuqlik siqiladimi? Gaz-chi?
4. Suyuqlikning bosimi deb nimaga aytiladi?
5. Suyuqlik bosimining birligi qanday?
6. Manometr va barometr bir-biridan nimasi bilan farqlanadi?
7. Paskal qonuni.
8. Suyuqlikning erkin sathi gorizontal bo'lishiga sabab nima?
9. Hidrostatik bosim. Nima uchun suvdagi yuk yengildek tuyuladi?
10. Arximed kuchi nima?



14- §. Suyuqlik va gazlarning oqishi. Uzlüksizlik va Bernulli tenglamalari

M a z m u n i : suyuqlikning oqishi va oqim; uzluksizlik tenglamasi; Bernulli tenglamasi, statik, dinamik va gidrostatik bosimlar.

Suyuqlikning harakatiga oqish, harakatlanayotgan zarralar to'plamiga esa oqim deyiladi.

Laminar oqim. Suyuqlikning (gazning) aralashmasdan, bir-biriga sirpanayotgan qatlamlarga ajralgan holda oqishi *laminar oqish* deyiladi. Agar bunday oqimga rangli suyuqlik kiritsak, u qatlam bo'ylab yoyilmasdan oqadi. Bu esa laminar oqimda suyuqlik zarralarining bir qatlamdan boshqasiga o'tmasligini ko'rsatadi. Laminar oqim barqaror oqimdir (25-*a* rasm).

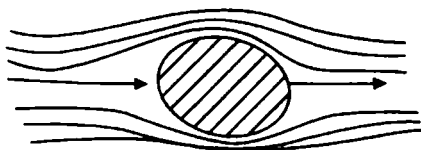
Turbulent oqim. Agar oqish tezligi yoki oqimning ko'ndalang kesim yuzasi o'zgarsa, o'qish xarakteri o'zgaradi. Oqim qatlamlari bir-biriga aralasha boshlaydi, uyurmalar hosil bo'ladi. Bunday oqim *turbulent oqim* deyiladi. Turbulent oqimga rangli suyuqlik qo'shilsa, u oqim kesimi bo'ylab tarqalib ketadi. Turbulent oqim barqaror oqim emas (25-*b* rasm).

Uzlüksizlik tenglamasi. Quvurning ko'ndalang kesimlari S_1 va S_2 bo'lgan joylarida suyuqlikning oqim tezliklari mos ravishda v_1 va v_2 bo'lsin (26- rasm). Siqilmaydigan suyuqlik oqim tezligining oqim ko'ndalang kesimga ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir, ya'ni

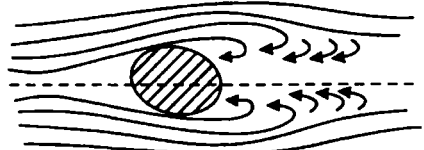
$$S_1 v_1 = S v_2 = \dots = \text{const.} \quad (14.1)$$

(14.1) ifodaga siqilmaydigan suyuqlik uchun uzluksizlik tenglamasi deyiladi. Ushbu tenglama quvurning istalgan joyidan vaqt birligida oqib o'tadigan suv massalarining tengligidan ($m_1 = m_2 = \dots = \text{const}$) hosil qilinadi.

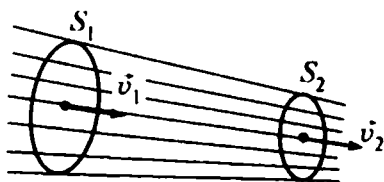
Bernulli tenglamasi. Shveysariyalik fizik Bernulli oqayotgan suyuqlik bosimlari uchun quyidagi munosabat o'rinli ekanligini aniqlagan:



25- *a* rasm.



25- *b* rasm.



26- rasm.

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const.} \quad (14.2)$$

Bu tenglama Bernulli tenglamasi deyiladi. Bu yerda p — suyuqlikning statik bosimi, u molekullarning uzluksiz, betartib harakati-

ning natijasi. $\frac{\rho v^2}{2}$ — dinamik

bosim, suyuqlik harakatining natijasidir, ρgh — gidrostatik bosim, u og'irlik kuchi ta'sirida vujudga keladi, ρ — suyuqlikning zichligi, v — tezligi, h — oqim balandligi.

Bernulli tenglamasi suyuqlikning oqimi uchun energiyanning saqlanish qonunini ifodalaydi.

Agar oqim gorizontal bo'lsa, unda (14.3) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = \text{const.} \quad (14.3)$$

$p + \frac{\rho v^2}{2}$ ga to'la bosim deyiladi.



Sinov savollari

1. Oqish deb nimaga aytiladi? 2. Oqim deb nimaga aytiladi?
3. Laminar oqim deb qanday oqimga aytiladi? 4. Turbulent oqim deb-chi? 5. Uzluksizlik tenglamasi? 6. Uzluksizlik tenglamasining o'rinligiga uchta misol keltiring. 7. Statik bosim qanday bosim? 8. Dinamik bosim qanday bosim? 9. Gidrostatik bosim qanday bosim? 10. Bernulli tenglamasi nimani isbotlaydi?

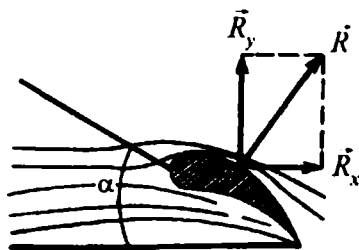


15- §. Jismlarning suyuqlik va gazlardagi harakati

M a z m u n i : jismlarning suyuqliklarda va gazlarda harakatini o'rganishning ahamiyati; peshana qarshilik kuchi.

Jismlarning suyuqliklarda va gazlarda harakatini o'rganishning ahamiyati. Jismlarning suyuqliklarda va gazlardagi harakatini o'rganish aviatsiyaning rivojlanishi va suv kemalari tezliklarining ortishi bilan bog'liq. Shu maqsadda suyuqliklar va gazlarda harakatlanayotgan qattiq jismlarga ta'sir etadigan kuchlarni ko'ramiz.

Ular qanday kuchlar? Suyuqlik yoki gazda harakat qiladigan jismga ikkita kuch ta'sir qiladi (ularning teng ta'sir etuvchisini — \vec{R} deb belgilaymiz).



27- rasm.

Birinchi kuch (\vec{R}_x) jismning harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, unga *pehana qarshilik* deyiladi. Jismning harakat yo'nalishiga perpendikular yo'nalgan ikkinchi kuchi esa (\vec{R}_y) — *ko'tarish kuchi* deyiladi (27- rasm).

Pehana qarshilik $R_x = C_x \frac{\rho v^2}{2} S$ ifoda yordamida aniqlanadi. Bu yerda: C_x — jismning shakli va oqimga nisbatan holatiga bog'liq bo'lgan o'lchamsiz koeffitsiyent; ρ — muhitning zichligi, v — jismning harakat tezligi; S — jismning eng katta ko'ndalang kesimi.

Ko'tarish kuchi. $R_y = C_y \frac{\rho v^2}{2} S$ ifoda orqali topiladi. Bunda C_y — ko'tarish kuchining o'lchamsiz koeffitsiyenti, α — oqimga hujum burchagi. Uni shunday tanlash kerakki, bunda pehana qarshilik kichik, ko'tarish kuchi esa katta bo'lsin. Bunday shart qanot

sifatini ko'rsatuvchi koeffitsiyent $K = \frac{C_y}{C_x}$ qancha katta bo'lsa,

shuncha yaxshi bajariladi.



Sinov savollari

1. Jismlarning suyuqliklarda va gazlarda harakatini o'rganishning ahamiyati nimada? 2. Suyuqliklarda va gazlarda harakatlanayotgan jismga ta'sir etuvchi kuchlarni chizib ko'rsating. 3. Pehana qarshilik harakat yo'nalishiga nisbatan qanday yo'nalgan? 4. Pehana qarshilik nimaga teng? 5. Ko'tarish kuchi harakat yo'nalishiga nisbatan qanday yo'nalgan? 6. Ko'tarish kuchi nimaga teng? 7. Hujum burchagining nima ahamiyati bor? 8. Qanotning sifatini ko'rsatuvchi koeffitsiyent nimaga teng va uning nima ahamiyati bor?



Masala yechish namunalari

1- masala. 60 N kuch jismga 0,8 m/s² tezlanish beradi. Qanday kuch bu jismga 2 m/s² tezlanish beradi?

Berilgan:

$$F_1 = 60 \text{ N};$$

$$a_1 = 0,8 \text{ m/s}^2;$$

$$a_2 = 2 \text{ m/s}^2;$$

$$m = m_1 = m_2$$

$$F_2 = ?$$

Yechish. Ikkinchi hol uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozib olamiz.

$$F_2 = m_2 a_2 = m a_2.$$

Ushbu ifodadan foydalanish uchun massa-sining qiymati yetishmaydi va shuning uchun ham birinchi hol uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozamiz:

$$F_1 = m_1 a_1 = m a_1.$$

Ushbu ifodadan m ni aniqlab $m = \frac{F_1}{a_1}$, uni dastlabki formulaga

qo'yamiz $F_2 = \frac{F_1 \cdot a_2}{a_1}$.

Berilganlardan foydalansak:

$$F_2 = \frac{60 \cdot 2}{0,8} \text{ N} = 150 \text{ N}.$$

$$\text{Javob: } F_2 = 150 \text{ N}.$$

2- masala. Tortishish maydonining Yer sirtidan 1000 km balandlikdagi kuchlanganligi g aniqlansin. Yerning radiusi va Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi ma'lum deb olinsin.

Berilgan:

$$h = 1000 \text{ km} = 10^6 \text{ m};$$

$$g_{\text{Yer}} = 9,8 \text{ m/s}^2;$$

$$R_{\text{Yer}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}.$$

$$g = ?$$

Yechish. Yerning tortishish maydoni

kuchlanganligi $g = \frac{F}{m}$ ifoda bilan

aniqlanadi. Bu yerda m Yer sirtidan h balandlikda, sinalayotgan jismning massasi. Shu jism va Yer orasidagi tortishish kuchi

$$F = G \frac{m M_{\text{Yer}}}{(R_{\text{Yer}} + h)^2}.$$

Kuch uchun topilgan ifodani o'rniga qo'ysak,

$$g = G \frac{M_{Yer}}{(R_{Yer} + h)^2} = \left(G \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}} \right) \frac{R_{Yer}^2}{(R_{Yer} + h)^2} = g_{Yer} \frac{R_{Yer}^2}{(R_{Yer} + h)^2}.$$

Bu yerda $g_{Yer} = G \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}^2}$ ekanligi e'tiborga olindi.

Berilganlar yordamida

$$g = 9,8 \cdot \frac{(6,37 \cdot 10^6)^2}{(6,37 \cdot 10^6 + 10^6)^2} \frac{N}{kg} = 7,3 \frac{N}{kg}$$

Javob: $g = 7,3 \text{ N/kg}$

3- masala. Yerning radiusi Oyning radiusidan 3,66 marta, Yerning zichligi Oyning zichligidan 1,66 marta katta. Agar Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi g ni ma'lum deb hisoblasak, Oy sirtidan erkin tushish tezlanishi g_{Oy} aniqlansin.

Berilgan:

$$n = R_{Yer}/R_{Oy} = 3,66;$$

$$k = \rho_{Yer}/\rho_{Oy} = 1,66;$$

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

$$g_{Oy} = ?$$

Yechish. Ma'lumki, Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$g = G \frac{M_{Yer}}{R_{Yer}^2}$$

Shuningdek, Oy sirtidagi erkin tushish tezlanishi:

$$g_{Oy} = G \frac{M_{Oy}}{R_{Oy}^2}.$$

Agar topilgan ifodalarni hadma-had bo'lsak va $M = V \cdot \rho = 4/3 \cdot \pi R^3 \cdot \rho$ ekanligini nazarda tutsak,

$$\frac{g_{Oy}}{g} = \frac{M_{Oy}}{M_{Yer}} \frac{R_{Yer}^2}{R_{Oy}^2} = \frac{\frac{4}{3} \pi R_{Oy}^3 \rho_{Oy}}{\frac{4}{3} \pi R_{Yer}^3 \rho_{Yer}} \frac{R_{Yer}^2}{R_{Oy}^2} = \frac{1}{\left(\frac{R_{Yer}}{R_{Oy}} \right) \left(\frac{\rho_{Yer}}{\rho_{Oy}} \right)} = \frac{1}{n \cdot k}.$$

Bundan

$$g_{Oy} = \frac{g}{n \cdot k}.$$

Berilganlar yordamida topamiz:

$$g_{Oy} = \frac{9,8}{3,66 \cdot 1,66} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,61 \text{m/s}^2.$$

$$\text{J a v o b: } g_{Oy} = 1,61 \text{ m/s}^2.$$

4- masala. Stakandagi suv ustunining balandligi 8 sm. Suv stakan tubiga qanday bosim ko'rsatadi? Suvning o'rnida simob bo'lganida-chi?

Berilgan:

$$H = 0,08 \text{ m};$$

$$\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3;$$

$$\rho_2 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3;$$

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

$$p_1 = ?, \quad p_2 = ?$$

Berilganlarni yozilgan ifodalarga qo'ysak,

$$p_1 = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,08 \text{ Pa} = 784 \text{ Pa};$$

$$p_2 = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,08 \text{ Pa} = 10662,4 \text{ Pa} = 10,66 \text{ kPa}.$$

$$\text{J a v o b: } p_1 = 784 \text{ Pa}; \quad p_2 = 10,66 \text{ kPa}.$$

5- masala. Kesimi o'zgaruvchan, gorizontall joylashgan quvurdan suv oqadi. Quvurning diametri keng qismida suvning tezligi 20 sm/s bo'lsa, diametri undan 1,5 marta kichik bo'lgan tor qismida suvning tezligi aniqlansin.

Berilgan:

$$v_1 = 20 \frac{\text{sm}}{\text{s}} = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$\frac{d_1}{d_2} = 1,5.$$

$$v_2 = ?$$

Yechish. Quvurdagi suv oqimi uchun uzunlik tenglamasini yozamiz. $v_1 S_1 = v_2 S_2$. Bundan quvurning tor qismidagi oqim tezligini topsak,

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1.$$

Agar quvurning ko'ndalang kesim yuzalarini $S_1 = \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2$,

$S_2 = \pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2$, ko'rinishda aniqlanishini e'tiborga olsak:

$$v_2 = \frac{\pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2}{\pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2} v_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \cdot v_1$$

ifodani hosil qilamiz. Berilganlardan foydalanib quyidagini olamiz.

$$v_2 = (1,5)^2 \cdot 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{J a v o b: } v_2 = 0,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Dvigatelining tortish kuchi 90 kN bo'lgan 60 t massali samolyot qanday tezlanish olishi mumkin? ($a = 1,5 \text{ m/s}^2$)
2. Massasi 0,5 kg bo'lgan koptokka 0,02 s davomida zarb berilgandan keyin u 10 m/s tezlik oladi. Zarbning o'rtacha kuchini toping. ($F_{o'r} = 250 \text{ N}$)
3. Kosmik kema Yer sirtidan qancha masofaga uzoqlashganda Yerga tortilish kuchi Yer sirtidagiga qaraganda 100 marta kichik bo'ladi? ($h = 9 R_{Yer}$)
4. Yer radiusining yarmiga teng balandlikda erkin tushish tezlanishi qanday bo'ladi? ($g_h = 4,4 \text{ m/s}^2$)
5. Ostankino teleminorasidagi lift 15 s davomida 7 m/s tezlikka erishadi. Liftning to'xtashiga ham shuncha vaqt ketadi. Massasi 80 kg bo'lgan odamning vazni harakat boshida va oxirida qancha o'zgaradi? ($\Delta P = \pm 37 \text{ N}$)
6. Oy sirti yaqinidagi birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarning qiymatlari hisoblansin. ($v_1 = 1,68 \text{ km/s}$; $v_2 = 2,37 \text{ km/s}$).
7. Balandligi 0,5 m bo'lgan kerosin qatlami idish tubiga qanday bosim ko'rsatadi? ($p = 4 \text{ kPa}$.)
8. G'avvos qattiq skafandrda 250 m chuqurlikka tushishi mumkin. Mohir sho'ng'uvchi esa 20 m chuqurlikkacha sho'ng'ishi mumkin. Dengizda shu chuqurliklardagi suvning bosimi qancha? ($p_1 = 2500 \text{ kPa}$; $p_2 = 200 \text{ kPa}$.)

9. Muz bo'lagining yuzi 8 m^2 , qalinligi 25 sm . Agar uning ustiga og'irligi 600 N bo'lgan odam chiqsa, muz chuchuk suvga butunlay botadimi? (Botmaydi.)
10. Gorizontall joylashgan quvurning keng qismida neftning oqish tezligi 2 m/s . Agar quvurning keng va tor qismlaridagi statik bosimlar farqi $6,65 \text{ kPa}$ bo'lsa, quvurning tor qismida neftning tezligi aniqlansin. ($v_2 = 4,3 \text{ m/s}$.)

Test savollari

1. ... deb, jismning tinch yoki to'g'ri chiziqli, tekis harakat holatini saqlashga intilish xususiyatiga aytiladi.

- A. Massa. B. Kuch. C. Inertlik. D. Bosim. E. Invariant.

2. Kuch qanday kattalik?

A. Kuch vektor kattalik. B. Kuch jismga boshqa jismlar va maydonlar tomonidan ko'rsatayotgan mexanik ta'sirning o'lchovi bo'lib, jismga tezlanish beradi. C. Jismning shakli va o'lchamlarini o'zgartiradi. D. To'g'ri javob A, B, C. E. To'g'ri javob A va B.

3. Berilgan tenglamalar orasidan butun olam tortishish qonunini ifodalovchi tenglamani toping:

A. $F = \frac{Q_1 Q_2}{R_2}$. B. $F = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$. C. $F = \mu Mg$.

D. $F = mv^2/R$. E. $F = mg$.

4. Jismlarning o'zaro tortishish kuchlari orqali aniqlanadigan massaga massa deyiladi.

- A. Inert. B. Gravitatsion. C. Molekular.
D. Katta. E. Kichik.

5. Jismning yerga tortilishi natijasida vujudga keladigan va uni erkin tushishdan saqlab turgan tayanchga yoki ilgakka ko'rsatadigan bosim kuchiga nima deyiladi?

- A. Vazni. B. Massasi. C. Erkin tushishi.
D. Og'irlik kuchi. E. Tezlanishi.

6. Raketaning tezligi nimalarga bog'liq?

- A. Raketaning massasiga.
B. Qizigan gaz massasiga.
C. Otilib chiqayotgan gazning tezligiga.

- D. Qobiqning tezligiga.
E. To'g'ri javob A va C.

7. Berilgan qiymatlar orasidan gravitatsion doimiyning son qiymatini toping:

- A. $6,63 \cdot 10^{-13} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$. B. $6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$.
C. $1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$. D. $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$.
E. To'g'ri javob yo'q.

8. Harakatsiz suyuqlikning istalgan joyidagi bosim hamma yo'nalishlarda bir xil va harakatsiz suyuqlik egallagan hajmi bo'yicha o'zgarishsiz uzatiladi. Bu kimning qonuni?

- A. Arximed. B. Paskal. C. Bernulli.
D. Torrichelli. E. Stoks.

9. Suyuqliklardagi itarish kuchi qanday kattaliklarga bog'liq?

- A. Suyuqlik zichligiga.
B. Jism hajmiga.
C. Suyuqlik ustuni balandligiga.
D. Bosim kuchiga
E. To'g'ri javob A va B.

10. Quyida keltirilgan formulalardan qaysi biri Bernulli tenglamasini ifodalaydi?

- A. $S_1 V_1 = S_2 V_2 = \text{const}$. B. $R_y = C_y \frac{\rho v^2}{2} S$.
C. $\frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho g \cdot h + p = \text{const}$. D. $R_x = C_x \frac{\rho v^2}{2} S$.
E. To'g'ri javob yo'q.

11. Suyuqlik harakatining natijasida vujudga keladigan bosim qanday bosim?

- A. Dinamik.
B. Statik.
C. Hidrostatik.
D. Tashqi bosim.
E. To'g'ri javob B va C.

Asosiy xulosalar

Nyutonning birinchi qonuni: *Har qanday jism, boshqa jismlar ta'siri boshlang'ich holatini o'zgartirishga majbur etmaguncha, o'zining tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakati holatini saqlaydi.*

Inertlik deb, jismning tinch yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat holatini saqlash xususiyatiga aytiladi.

Inersiyal sanoq sistemasi deb, Nyutonning birinchi qonuni bajariladigan sanoq sistemasiga aytiladi.

Jismning massasi materiyaning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lib, uning inertligining miqdoriy o'lchovidir. Massaning SI dagi birligi 1 kg.

Kuch — vektor kattalik bo'lib, jismga boshqa jismlar va maydonlar tomonidan ko'rsatiladigan mexanik ta'sirning o'lchovi hisoblanadi, bu ta'sir natijasida jism yoki tezlanish oladi, yoki o'zining shakli va o'lchamlarini o'zgartiradi. Kuchning SI dagi birligi 1 N.

Nyutonning ikkinchi qonuni: *jism oladigan tezlanish unga ta'sir etayotgan kuchga to'g'ri, massasiga esa teskari proporsional bo'lib,*

yo'nalishi ta'sir kuchining yo'nalishi bilan mos keladi: $a = \frac{\vec{F}}{m}$.

Nyutonning uchinchi qonuni: *moddiy nuqtalarning bir-biriga har qanday ta'siri o'zaro ta'sir xarakteriga egadir. Moddiy nuqtalar ta'sir kuchlarining kattaliklari doimo bir-biriga teng, yo'nalishlari qarama-qarshi va ularni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan:*

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

Butun olam tortishish qonuni: *Ikkita istalgan moddiy nuqta bir-birini massalarining ko'paytmasiga to'g'ri va orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional kuch bilan tortadi:*

Gravitatsion doimiy G — son jihatdan

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

massalari 1 kg, oralaridagi masofa 1 m bo'lgan ikkita moddiy nuqta orasidagi tortishish kuchiga teng:

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

Har qanday m massali jismga $\vec{P} = m\vec{g}$ og'irlik kuchi ta'sir qiladi.

Jismning vazni. Jismning vazni deb, yerga tortilishi natijasida vujudga keladigan va uni erkin tushishdan saqlab turgan tayanchga yoki ilgakka ko'rsatiladigan bosim kuchiga aytiladi.

Jismning vaznsizlik holati deb, uning faqatgina og'irlik kuchi ta'siridagi harakat holatiga aytiladi.

Birinchi kosmik tezlik: $v_1 = \sqrt{gR} = 7,9 \text{ km/s}$.

Ikkinchi kosmik tezlik: $v_2 = \sqrt{2gR} = 11,2 \text{ km/s}$.

Uchinchi kosmik tezlik: $v_3 = 16,7 \text{ km/s}$.

Suyuqlikning bosimi. Birlik yuzaga suyuqlik tomonidan ta'sir etuvchi normal kuch bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka suyuqlikning

bosimi deyiladi: $p = \frac{\Delta F}{\Delta S}$. Uning SI dagi birligi: $1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Paskal qonuni: harakatsiz suyuqlikning istalgan joyidagi bosim hamma yo'nalishlarda bir xil va harakatsiz suyuqlik egallagan hajm bo'yicha o'zgarishsiz uzatiladi.

Suyuqlikning gidrostatik bosimi: $P = \rho gh$.

Arximed kuchi. Suyuqlikka botirilgan jismga shu suyuqlik tomonidan yuqoriga yo'nalgan va jism siqib chiqargan suyuqlik vazniga teng bo'lgan itaruvchi kuch ta'sir etadi. $F_A = \rho g V$.

Uzluksizlik tenglamasi $S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const}$. Suyuqlik oqim tezligining oqim ko'ndalang kesimiga ko'paytmasi o'zgarimas kattalikdir.

Bernulli tenglamasi:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}.$$



Mexanikada keng qo'llaniladigan modellardan biri absolut qattiq jism tushunchasi, deb ta'kidlangan edi.

Absolut qattiq jism deb, umuman deformatsiyalanmaydigan va har qanday sharoitda ham zarralari orasidagi masofa o'zgarmay qoladigan jismga aytiladi.

Biz yuqorida solishtirib o'rganishning ahamiyati haqida fikr yuritgan edik. Bizga notanish va yonimizda bo'lmagan kishini tanishtirmoqchilar. Unda bo'yi-basti bunikiga, ko'zi-qoshi esa unikiga, gap-so'zlari esa boshqanikiga o'xshash, deb biz bilgan kishilarga o'xshatadilar. Natijada noma'lum odam haqida solishtirish yordamida ma'lum tasavvurga yoki bilimga ega bo'lamiz. Shuningdek, aytaylik biror fizik masalani yechmoqdamiz. Uni yechishda oldin yechgan masalamizdan chiqarilgan xulosalardan foydalansak, ya'ni solishtirib yechsak, bu ishimizni ancha osonlashtiradi. Endi qattiq jism aylanma harakat dinamikasini ilgariylanma harakat dinamikasi bilan solishtirib o'rganamiz.



16- §. Inersiya va kuch momentlari. Qattiq jism aylanma harakati dinamikasining tenglamasi

M a z m u n i : aylanma harakat; aylanma va ilgariylanma harakat kinematikasi kattaliklarini solishtirish. Inersiya va kuch momentlari; aylanma harakat dinamikasining tenglamasi.

Aylanma harakat. Ilgariylanma harakatda harakatlanayotgan jismning har bir nuqtasidan o'tkazilgan to'g'ri chiziq harakat davomida dastlabki holatiga parallel qolishi bizga ma'lum (1-rasm).

Aylanma harakatda esa jismning barcha nuqtalari markazi aylanish o'qidan o'tuvchi aylanalardan iborat trayektoriyalar bo'ylab harakatlanadi (2-rasm). Ko'rilayotgan nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa R harfi bilan belgilanib, radius-vektor yoki radius deyiladi. Aynan shu kattalik ilgariylanma va aylanma harakat mexanikasi kattaliklarini solishtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

**Ilgarilanma va aylanma harakat kinematikasi
kattaliklarini solishtirish**

Ilgarilanma harakat	Belgilanishi	Aylanma harakat	Belgilanishi	Harakatlar orasidagi munosabat	
Yo'l	s	Burilish burchagi	φ	$s = R\varphi$	$\varphi = s/R$
Chiziqli tezlik	$v = \frac{ds}{dt}$	Burchak tezlik	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	$v = R\omega$	$\omega = v/R$
Chiziqli tezlanish (tangensial)	$a_t = \frac{dv}{dt}$	Burchak tezlanish	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$	$a_t = R\varepsilon$	$\varepsilon = \frac{a_t}{R}$

Shunday qilib, ilgarilanma va aylanma harakat kinematikalarini tavsiflovchi tegishli kattaliklar radius R orqali bog'langan.

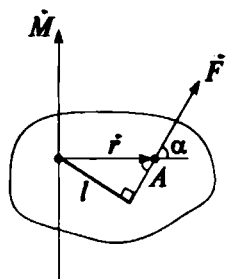
Inersiya momenti. Aylanma harakat dinamikasining asosiy kattaliklarini ilgarilanma harakat dinamikasi kattaliklaridan farqlash uchun moment so'zi qo'shib yoziladi. Ilgarilanma harakat dinamikasiga kiritgan asosiy tushunchalarimizdan biri jismning massasi tushunchasi edi. Jismning massasi (m) — uning inertligini (inersiyasi mavjudligi) tavsiflovchi kattalik. Aylanma harakatda massa bu vazifani bajara olmaydi. Shuning uchun ham uning o'rniga jismni tashkil qilgan nuqtalardan aylanish o'qigacha bo'lgan masofalarni (r_i) o'z ichiga olgan va *ilgarilanma harakatda massa bajaradigan vazifani bajaradigan inersiya momentidan foydalaniladi.* (Massa momenti degan tushuncha ishlatilmaydi). *Jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deb jism har bir moddiy nuqtasi massasining aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmalarining yig'indisiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni*

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2. \quad (16.1)$$

Bunda m_i — i - nuqtaning massasi, r_i — nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. Inersiya momenti ham massa kabi skalar kattalik. SI dagi birligi $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

$$[J] = [m] [r^2] = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Jismning shakli va aylanish o'qi qayerdan o'tganligiga qarab, inersiya momentlari turlicha bo'ladi.



28- rasm.

Kuch momenti. Vektor kattalik kuch jismlar va maydonlar mexanik ta'sirining o'lchovi bo'lib, natijada jism ma'lum tezlanish oladi. Aylanma harakatda esa kuch bu vazifani bajara olmaydi. Misol uchun, eshikning aylanish o'qiga qanchalik katta kuch qo'yilmasin uni harakatlantirib bo'lmaydi. Demak, bunday harakatda nafaqat kuch, balki uning aylanish o'qidan qanday masofaga qo'yilgani ham ahamiyatga egadir.

Ilgarilanma harakat dinamikasida kuch bajaradigan vazifani aylanma harakatda kuch momenti bajaradi.

Harakatsiz o'qqa nisbatan kuch momenti deb, aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius-vektor \vec{r} ning kuch \vec{F} ga vektorial ko'paytmasi bilan aniqlanadigan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}] \quad (16.2)$$

Bu yerda \vec{r} — aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtagacha bo'lgan radius-vektor (28- rasm).

Kuch momentining moduli

$$M = F \cdot r \cdot \sin \alpha = F \cdot l \quad (16.3)$$

l — kuch yelkasi, kuch ta'sir chizig'i bilan aylanish o'qigacha bo'lgan eng qisqa masofaga teng, α — kuch \vec{F} va radius-vektor \vec{r} lar orasidagi burchak: $r \sin \alpha = l$. Kuch momenti vektor kattalik. Uning SI dagi birligi $1 \text{ N} \cdot \text{m}$.

$$[M] = [F][l] = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Aylanma harakat dinamikasining tenglamasi. Endi ilgarilanma harakat dinamikasining tenglamasi $F = ma$ asosida mos kattaliklar yordamida **aylanma harakat dinamikasining tenglamasini** yozamiz. Aylanish o'qi inersiya markazidan o'tgan deb, hisoblaymiz.

$$M = J \cdot \varepsilon = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (16.4)$$

yoki vektor ko'rinishda

$$\vec{M} = J \vec{\varepsilon}, \quad (16.5)$$



1. Absolut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi? 2. Qattiq jism aylanma harakat dinamikasini qanday bo'lim bilan solishtirib o'rganish mumkin? 3. Aylanma harakatda radius qanday aniqlanadi? 4. Ilgarilanma harakatda massa bajaradigan vazifani aylanma harakatda qanday kattalik bajaradi? 5. Inersiya momenti qanday aniqlanadi va uning birligi qanday? 6. Kuch momenti qanday aniqlanadi? 7. Ilgarilanma harakatda kuch bajaradigan vazifani aylanma harakatda qanday kattalik bajaradi? 8. Nima uchun kuch aylanma harakatda ham ilgarilanma harakatdagidek vazifani bajara olmaydi? 9. Kuch yelkasi deb qanday kattalikka aytiladi? 10. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi qanday?



17- §. Impuls momenti. Aylanma harakat qilayotgan jismning muvozanati

M a z m u n i : impuls momenti; ilgarilama va aylanma harakat kinematikasi xarakteristikalari orasidagi bog'lanish; aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni; aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi; ilgarilanma va aylanma harakat dinamikasi xarakteristikalari orasidagi bog'lanish.

Impuls momenti. Ilgarilanma harakatda impuls bajaradigan vazifani aylanma harakatda impuls momenti bajaradi. U impuls kabi vektor kattalik bo'lib, \vec{L} harfi bilan belgilanadi. A moddiy nuqtaning harakatsiz O nuqtaga nisbatan impuls (harakat miqdori) momenti deb, quyidagi vektorial ko'paytma bilan aniqlanadigan fizik kattalikka aytiladi (29- rasm).

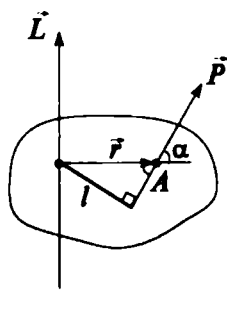
$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{p}] = [\vec{r} \cdot m\vec{v}]. \quad (17.1)$$

Impuls momenti vektorining moduli.

$$L = r \cdot p \cdot \sin \alpha = mvr \sin \alpha = p \cdot l, \quad (17.2)$$

bu yerda \vec{r} — aylanish o'qidan impuls qo'yilgan A nuqttagacha bo'lgan radius-vektor; $r \sin \alpha = l$, $l - \vec{p}$ — vektorning O nuqtaga nisbatan yelkasi; $\alpha - \vec{r}$ va \vec{p} vektorlar orasidagi burchak (29- rasm). Impuls momentining SI dagi

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



29- rasm.

$$[L] = [r] \cdot [p] = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}.$$

Impuls momenti va aylanma harakat kinematikasi xarakteristikalari orasidagi bog'lanish. Ilgarilanma va aylanma harakat xarakteristikalari orasidagi o'xshashlikka asosan impuls momenti uchun quyidagi ifoda yoziladi.

$$L = J \cdot \omega. \quad (17.3)$$

Bunda $p = mv$ ifodadan foydalanib, p ning o'rniga L ni va m ning o'rniga J ni, v ning o'rniga ω ni qo'ydik. Shuningdek, ilgarilanma harakat dinamikasi asosiy qonunining $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ ifodasi yordamida qattiq jism aylanma harakat dinamikasining qonunini yozamiz.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}. \quad (17.4)$$

Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi. Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasini $W_k = \frac{mv^2}{2}$ ifoda yordamida topamiz, ya'ni mos kattaliklarni almashtirgandan keyin olamiz:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}. \quad (17.5)$$

Agar jism dumalayotgan bo'lsa, ya'ni ham ilgarilanma, ham massa markaziga nisbatan aylanma harakatda ishtirok etayotgan bo'lsa, uning to'la kinetik energiyasi ham ilgarilanma, ham aylanma harakat kinetik energiyalarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$W_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{J_c\omega^2}{2}. \quad (17.6)$$

Bu yerda v_c — jism massa markazining tezligi, J_c — jismning massa markaziga nisbatan inersiya momenti.

Ilgarilanma va aylanma harakat dinamikasi xarakteristikalari orasidagi bog'lanish

Ilgarilanma harakat	Aylanma harakat
Ko'chish va yo'l: \vec{r} va s	Burchak $\vec{\varphi}$, φ
Tezlik $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, $v = \frac{ds}{dt}$	Burchak tezlik $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$
Tezlanish $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$	Burchak tezlanish $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$
Massa m	Inersiya momenti $J = mr^2$
Kuch \vec{F}	Kuch momenti $\vec{M} = [\vec{r}\vec{F}]$
Impuls $\vec{p} = m\vec{v}$	Impuls momenti $\vec{L} = J \cdot \vec{\omega}$
$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$	$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$
Dinamikaning asosiy qonuni	Dinamikaning asosiy qonuni
Ish $dA = F_s ds$	Ish $dA = Md\varphi$
Kinetik energiya $\frac{m\vec{v}^2}{2}$	Kinetik energiya $\frac{J\vec{\omega}^2}{2}$



Sinov savollari

1. Ilgarilanma harakatda impuls bajaradigan vazifani aylanma harakatda qanday kattalik bajaradi? 2. Impuls momenti qanday aniqlanadi va uning birligi nima? 3. Impuls momenti va aylanma harakat kinematikasi xarakteristikalari orasida qanday bog'lanish bor? 4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni qanday? 5. Impuls momentining saqlanish qonuni haqida nima bilasiz? 6. Aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi. 7. Dumalayotgan jismning kinetik energiyasi. 8. Ilgarilanma va aylanma harakat dinamikasi qonunlarini solishtiring.



Masala yechish namunalari

1 - masala. Jism aylanma harakat qila boshlagandan 6 s o'tgandan keyin burchak tezligi 3 s^{-1} ga yetgan. Agar ta'sir etayotgan kuch momenti $12 \text{ N} \cdot \text{m}$ bo'lsa, jismning inersiya momenti nimaga teng?

Berilgan:

$$M = 12 \text{ N} \cdot \text{m};$$

$$\Delta t = 6 \text{ s};$$

$$\omega_0 = 0;$$

$$\omega = 3 \text{ s}^{-1}$$

$$J = ?$$

Yechish. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasini yozamiz:

$$M = J \cdot \varepsilon$$

va undan inersiya momentini topamiz:

$$J = \frac{M}{\varepsilon}.$$

Bu yerda ε — jismning burchak tezlanishi. Burchak tezlanishining ta'rifiga binoan

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}.$$

Unda inersiya momenti uchun topilgan ifoda

$$J = \frac{M \cdot \Delta t}{\omega - \omega_0}$$

ko'rinishni oladi. Kattaliklarning son qiymatlarini qo'ysak:

$$J = \frac{12 \cdot 6}{3 - 0} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \text{ ni hosil qilamiz.}$$

$$\text{J a v o b: } J = 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

2- masala. Aylanayotgan g'ildirakning kinetik energiyasi 1 kJ ga teng. O'zgarmas tormozlovchi moment ta'sirida g'ildirak tekis sekinlanuvchan aylana boshladi va $N = 80$ marta aylanib to'xtadi. Tormozlovchi kuch momenti M topilsin.

Berilgan:

$$E_k = 1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J};$$

$$N = 80.$$

$$M = ?$$

Yechish. Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq, o'zgarmas tormozlovchi moment ishi A , aylanayotgan g'ildirakning energiyasiga teng bo'ladi, ya'ni

$$A = E_k.$$

Agar o'zgarmas momentning ishi $A = M \cdot \varphi$ ekanligini nazarda tutsak,

$$M \cdot \varphi = E_k$$

bo'ladi.

G'ildirak to'xtagungacha burilish burchagi φ ni quyidagicha aniqlaymiz:

$$\varphi = 2\pi \cdot N.$$

Unda kuch momenti uchun topilgan ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$M = \frac{E_k}{2\pi N}.$$

Kattaliklarning son qiymatlarini qo'yib, quyidagini olamiz.

$$M = \frac{10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 80} \text{ N} \cdot \text{m} = \frac{10}{1,6 \cdot 3,14} \text{ N} \cdot \text{m} = 1,99 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{J a v o b: } M = 1,99 \text{ N} \cdot \text{m}.$$



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Jukovskiy kursisida turgan odam gorizontaal yo'nalishda 20 m/s tezlik bilan uchayotgan, massasi 0,4 kg bo'lgan to'pni qo'li bilan ushlab oladi. To'pning trayektoriyasi kursi aylanayotgan tik o'qdan 0,8 m masofadan o'tadi. Agar odam va kursining yig'indi inersiya momenti $6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ga teng bo'lsa, odam kursi bilan birgalikda qanday ω burchak tezlik bilan aylana boshlaydi? ($\omega = 1,02 \text{ s}^{-1}$)
2. Radiusi 15 sm bo'lgan, 8 s^{-1} chastota bilan aylanayotgan chig'irni 6 s davomida to'xtatish uchun qo'yilishi kerak bo'lgan kuch momenti aniqlansin. Chig'irning 5 kg massasi gardish bo'ylab tekis taqsimlangan deb hisoblansin. ($M = 0,84 \text{ N} \cdot \text{m}$)
3. Massasi 10 kg va uzunligi 40 sm bo'lgan tayoqning uchlariga 40 kg va 10 kg bo'lgan yuklar osilgan. Tayoq muvozanatda turishi uchun uning qayeridan tayanchga qo'yish lozim? ($l_1 = 10 \text{ sm}$)
4. Massasi 10 kg bo'lgan yaxlit silindr 10 m/s tezlik bilan sirpanishsiz dumalaydi. Silindrning kinetik energiyasi aniqlansin. ($E_k = 750 \text{ J}$)

Test savollari

1. Quyidagi tenglamalar orasida aylanma harakat qilayotgan jismning kinetik energiyasi formulasini toping.

A. $W_k = \frac{J\omega^2}{2}$.

B. $W_k = \frac{mv^2}{2}$.

C. $W_k = mgh$.

D. $W_p = gEd$.

E. To'g'ri javob yo'q.

2. ... deb, umuman deformatsiyalanmaydigan va har qanday sharoitda ham zarralar orasidagi masofa o'zgarmay qoladigan jismga aytiladi.

A. Absolut qattiq jism.

B. Inersiya momenti.

C. Kuch momenti.

D. Ilgarilanma harakat.

E. Aylanma harakat.

Asosiy xulosalar

Jism har bir moddiy nuqtasi massasining aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmasining yig'indisiga teng bo'lgan fizik kattalikka jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deyiladi:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2. \text{ Uning SI dagi birligi } 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Harakatsiz o'qqa nisbatan kuch momenti deb, aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius-vektor \vec{r} ning \vec{F} kuch ga vektorial ko'paytmasi bilan aniqlanadigan fizik kattalikka aytiladi:

$$M = [\vec{r} \cdot \vec{F}]. \text{ Uning SI dagi birligi } 1 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni: $\vec{M} = \vec{J}\epsilon$.



Fizika — materiyaning umumiy xossalari, moddalar va maydonlarning harakat qonunlarini o'rganishini biz bilamiz. Materiyaning, ya'ni moddalarning va maydonlarning harakati esa makon va zamonda ro'y beradi. Shunday ekan, makon va zamonda ro'y beradigan barcha jarayonlarni ma'lum tartibga solib turadigan universal qonunlar mavjudmi, degan savol tug'iladi. Bunday qonunlar mavjud va fizikada ular *saqlanish qonunlari* deyiladi.

U yoki bu nazariyaning, tajriba natijalarining to'g'riligi aynan shu qonunlarning bajarilishiga qarab tekshiriladi.

Bu qonunlar nimalarga tayanib kiritilgan? Modomiki, materiyaning harakati makon va zamonda ro'y berar ekan, bu universal qonunlar ham makon va zamonga tayangan, ya'ni ularning biror xossasiga asoslangan bo'lmog'i kerak. Bu xossalar: *makonning, ya'ni fazoning bir jinsliliigi va izotropligi, zamonning, ya'ni vaqtning esa bir jinsliliigidir.*

Fazoning bir jinsliliigi. *Fazoning bir jinsliliigi* deyilganda uning barcha nuqtalarining teng kuchliliigi tushuniladi. Boshqacha aytganda, fizik jarayonning ro'y berishi, tajriba fazoning qaysi nuqtasida o'tkazilishidan qat'iy nazar, bir xilda kechadi. Harakat miqdorining (impulsining) saqlanish qonuni fazoning bir jinsliliigining natijasidir.

Fazoning izotropligi. *Fazoning izotropligi* deyilganda uning barcha yo'nalishlarining teng kuchliliigi tushuniladi. Boshqacha aytganda, fizik jarayonning ro'y berishi tajriba fazoning qaysi yo'nalishida o'tkazilishidan qat'iy nazar bir xilda kechadi. Harakat miqdori momentining (impuls momentining) saqlanish qonuni fazoning izotropligining natijasidir.

Vaqtning bir jinsliliigi. *Vaqtning bir jinsliliigi* deyilganda uning har bir onining teng kuchliliigi tushuniladi. Boshqacha aytganda, fizik jarayonning ro'y berishi tajribaning qachon boshlanishiga (ertalab soat sakkizdami yoki kechqurun soat o'ndami) mutlaqo bog'liq emas. Energiyaning saqlanish qonuni vaqtning bir jinsliliigining natijasidir.



18- §. Harakat miqdori. Impuls. Kuch impuls. Nyutonning ikkinchi qonunining impuls yordamidagi ifodasi

Mazmuni: harakat miqdori, jism impulsining o'zgarishi, Nyutonning ikkinchi qonunini impuls yordamida ifodalash.

Mexanik harakatning o'zgarishi haqida gapirilganda «harakat miqdori» tushunchasidan ham foydalaniladi.

Harakat miqdori (impuls). *Harakat miqdorining* ahamiyatini aniqlash uchun quyidagi tajribalarni o'tkazaylik.

Yo'lda $m = 100$ kg massali aravacha tinch turgan bo'lsin. Unga $m = 0,01$ kg massali, $v = 100$ m/s tezlik bilan uchib kelayotgan koptok urildi. Koptok orqaga otilib ketsa-da, aravachani qo'zg'ata olmaydi. Endi aravachaga massasi o'zinikidek, $m = 100$ kg bo'lgan, $v = 10$ m/s tezlik bilan harakatlanayotgan ikkinchi aravacha kelib urilsin. U tinch turgan aravachani harakatga keltiradi. Demak, aravachani harakatlantirish uchun nafaqat koptokning katta tezligi, balki ham tezlik, ham massaga bog'liq bo'lgan kattalik ahamiyatga ega bo'lar ekan. Bunday kattalikka harakat miqdori deyiladi.

Jismning harakat miqdori (impulsi) deb, jism massasining tezlik vektoriga ko'paymasiga teng bo'lgan va yo'nalishi tezlik vektori yo'nalishi bilan mos keladigan vektor kattalikka aytiladi:

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (18.1)$$

Uning SI dagi birligi $[P] = [m][v] = 1\text{kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Jism impulsining o'zgarishi. Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq, jism qanday holatda bo'lishidan qat'i nazar, faqat kuch ta'siridagina jismning tezligi o'zgarishi mumkin, ya'ni tezlanish olishi mumkin. m massali jismga t vaqt davomida \vec{F} kuch ta'sir etsin va uning tezligi \vec{v}_0 dan \vec{v} gacha o'zgarsin. Unda jismning tezlanishini

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (18.2)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Bu ifodani Nyutonning ikkinchi qonuni yordamida quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{t}.$$

Bundan

$$\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{P} - \vec{P}_0 = \Delta\vec{P}$$

yoki

$$\vec{F}t = \Delta\vec{P}. \quad (18.3)$$

Shunday qilib, *jism* impulsining o'zgarishi $\Delta\vec{P}$ shu o'zgarishni vujudga keltiruvchi kuch impulsi deyiluvchi $\vec{F}t$ kattalikka teng bo'lar ekan.

(18.3) ifoda ushbu ko'rinishda ham yozilishi mumkin:

$$\vec{F}_{o'r} \cdot \Delta t = \Delta\vec{P} = m(\vec{v} - \vec{v}_0). \quad (18.4)$$

Nyutonning ikkinchi qonunini impuls yordamida ifodalash. Buning uchun Nyutonning ikkinchi qonunida $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ ekanligini e'tiborga olamiz. Ya'ni

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

Matematika kursidan ma'lumki, o'zgarmas kattalikni differensial belgisi ostiga kiritib yozish mumkin. Klassik mexanikada $m = \text{const}$ bo'lganidan

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}, \quad (18.5)$$

yoki (18.1) ga asosan,

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}.$$

Bu — Nyutonning ikkinchi qonunining umumiyroq ko'rinishidir: *jism impulsining o'zgarish tezligi unga ta'sir etadigan kuchga tengdir.*

(18.5) ifodaga moddiy nuqtaning harakat tenglamasi yoki *moddiy nuqta ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi* deyiladi.



19- §. Impulsning saqlanish qonuni. Impuls momentining saqlanish qonuni

M a z m u n i : yopiq sistema; yopiq sistemada impulsning saqlanish qonuni; impulsning saqlanish qonuni — fazoning bir jinslili-gining natijasi ekanligi; reaktiv harakat.

Yopiq sistema. Impulsning saqlanish qonuni yopiq sistemada qaraladi. Yopiq sistema tushunchasi ham fizikada keng qo'llaniladigan modellardan biridir.

Dastlab, bir butun deb qarash mumkin bo'lgan moddiy nuqtalar majmuasini ko'ramiz va uni mexanik sistema deb ataymiz. Mexanik sistemaga kiruvchi moddiy nuqtalar orasidagi ta'sir kuchlari ichki kuchlar deyiladi. Mexanik sistemaga kiruvchi moddiy nuqtalarga tashqi jismlar tomonidan ko'rsatiladigan ta'sir kuchlariga esa *tashqi kuchlar* deyiladi. Tashqi kuchlar ta'sir etmaydigan mexanik sistemaga *yopiq sistema* deyiladi.

Yopiq sistema uchun impulsning saqlanish qonni. Buning uchun yopiq sistemaga kiruvchi har bir moddiy nuqtaning impulsini yozib olaylik. Moddiy nuqtaning impulsu

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad (19.1)$$

ko'rinishdagi vektor kattalik bilan aniqlanishi bizga ma'lum. Yopiq sistemaning to'la impulsu \vec{P} sistemaga kiruvchi har bir moddiy nuqtalar impulslarining $m_1\vec{v}_1, m_2\vec{v}_2, \dots, m_n\vec{v}_n$ geometrik yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni

$$\vec{P} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = \sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i. \quad (19.2)$$

Yopiq sistema uchun

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i\vec{v}_i = \text{const}. \quad (19.3)$$

Bu ifoda impulsning saqlanish qonunini ifodalaydi. **Yopiq sistemaning impulsu saqlanadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.**

Impulsning saqlanish qonuni tabiatning asosiy qonunlaridan biri bo'lib, u nafaqat klassik mexanikada, balki fizikaning barcha bo'limlarida ham to'la bajariladi. Hozirgacha tabiatda impulsning saqlanish qonuni bajarilmagan jarayon kuzatilmagan.

Impuls momentining saqlanish qonuni. Agar sistema yopiq bo'lsa, unda tashqi kuchlar momenti nolga teng bo'ladi, ya'ni $\vec{M} = 0$. Bu holda (17.4) quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = 0.$$

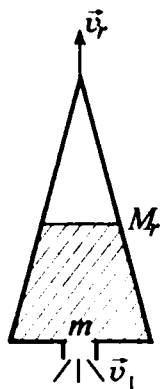
Agar o'zgarmas kattalikning hosilasigina nolga teng bo'lishini nazarda tutsak

$$\vec{L} = \text{const}. \quad (19.4)$$

(19.4) — impuls momentining saqlanish qonunidir. *Yopiq sistemada impuls momenti saqlanadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgar-*

maydi. Oldin ta'kidlanganidek, impuls momentining saqlanish qonuni tabiatning fundamental qonunlaridan biri bo'lib, u fazo izotropligining natijasidir.

Reaktiv harakat. Impulsning saqlanish qonuni ko'plab texnik masalalarni yechishga imkon beradi. Bunga eng yaxshi misol reaktiv harakatdir. M_r massali raketa uchish maydonchasiga keltirib qo'yilgan. Raketa tinch holatda, ya'ni $v_r = 0$. Demak, impulsi ham nolga teng. Endi yonish bo'lmasidagi yonilg'i yoqiladi. Yonish bo'lmasida yuqori bosimgacha qizigan gaz oqimi raketa soplosidan \bar{v}_1 tezlik bilan otilib chiqadi. Natijada raketa \bar{v}_r tezlik bilan harakatlana boshlaydi. Raketa soplosidan otilib chiqadigan gaz massasi m raketa massasi M dan juda kichik



30- rasm.

($m \ll M$ bo'lgani uchun), harakat boshlangandan keyin ham raketaning massasi M o'zgarmay qolaveradi, deb hisoblaylik (30-rasm).

Endi raketa — gaz — yonilg'i yopiq sistemasi uchun impulsning saqlanish qonunini yozamiz va bunda, yonish bo'lmasidagi yonilg'i yonguncha sistema impulsi nolga tengligini e'tiborga olamiz.

$$M \bar{v}_r + m \bar{v}_1 = 0. \quad (19.5)$$

Bundan $M \bar{v}_r = -m \bar{v}_1$ yoki raketa tezligining moduli uchun

$$|\bar{v}_r| = \frac{m}{M} \bar{v}_1 \quad (19.6)$$

ifodani hosil qilamiz.

Yopiq sistemada jismlarning bir qismi tezlik bilan ajralganda ikkinchi qismiga qarama-qarshi yo'nalishda tezlik berilishiga asoslangan harakatga reaktiv harakat deyiladi.

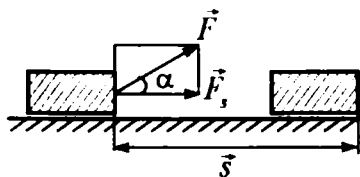


Sinov savollari

1. Saqlanish qonunlari qanday vazifani bajaradi?
2. Saqlanish qonunlari nimalarga asoslanib kiritilgan?
3. Makonning va zamonning qanday xususiyatlari mavjud?
4. Fazoning bir jinslili deganda nima tushuniladi va qanday saqlanish qonuni uning natijasidir?
5. Fazoning izotropligi deganda nima tushuniladi va qanday saqlanish qonuni uning natijasidir?
6. Vaqtning bir jinslili deganda nima tushuniladi va qanday saqlanish qonuni uning natijasidir?
7. Yopiq sistema deb qanday sistemaga aytiladi?
8. Impulsning saqlanish qonuni.
9. Impuls momentining saqlanish qonuni.
10. Reaktiv harakat qanday qonunga asoslangan?
11. Raketaning tezligi nimalarga bog'liq?



20- §. Energiya, ish va quvvat



31- rasm.

Mazmuni: energiya; mexanik ish; quvvat; ish va quvvat birliklari.

Energiya. Energiya — turli shakldagi harakatlar va o‘zaro ta’sirlarning miqdoriy o‘lchovidir (u yunoncha energeia — ta’sir so‘zidan olingan). Materiya harakatining

shakliga qarab, energiya ham turlicha bo‘ladi. Masalan, mexanik, issiqlik, elektromagnit, yadro energiyalari va hokazolar. O‘zaro ta’sir natijasida bir turdagi energiya boshqasiga aylanadi. Lekin bu jarayonlarning barchasida, birinchi jismdan ikkinchisiga berilgan energiya (qanday shaklda bo‘lishidan qat’iy nazar) ikkinchi jism birinchisidan olgan energiyaga teng bo‘ladi.

Nyutonning ikkinchi qonunidan ma’lumki, jismning mexanik harakatini o‘zgartirish uchun unga boshqa jismlar tomonidan ta’sir bo‘lmog‘i kerak. Boshqacha aytganda, bu jismlar o‘rtasida energiyalar almashuvi ro‘y beradi. Mexanikada ana shunday energiya almashuvini tavsiflash uchun *mexanik ish* tushunchasi kiritilgan va u fizikada *A* harfi bilan belgilanadi.

Mexanik ish. Mexanik ish deb, kuchning shu kuch ta’sirida ro‘y bergan ko‘chishga skalar ko‘paytmasiga teng bo‘lgan kattalikka aytiladi, ya’ni

$$A = (\vec{F} \cdot \vec{s}) = F \cdot s \cdot \cos \alpha, \quad (20.1)$$

bu yerda α — kuch \vec{F} va ko‘chish \vec{s} orasidagi burchak (31- rasm).

Agar $\cos \alpha = \frac{F_s}{F}$; $F_s = F \cdot \cos \alpha$ ekanligini e’tiborga olsak,

(20.1) quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$A = F \cdot s \cdot \cos \alpha = F_s \cdot s \quad (20.2)$$

bu yerda F_s — kuchning ko‘chish yo‘nalishiga proyeksiyasi.

(20.2) ifodaga asoslanib, quyidagicha xulosa chiqarish mumkin:

agar $\alpha < \frac{\pi}{2}$ bo‘lsa, $0 < \cos \alpha < 1$ — kuchning ishi musbat, kuch va

ko'chish yo'nalishi mos keladi, $\alpha > \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, $-1 < \cos\alpha < 0$ — kuchning ishi manfiy, kuch va ko'chish yo'nalishi qarama-qarshi;

$\alpha = \frac{\pi}{2}$ da $\cos\alpha = 0$ — kuchning ishi nolga teng, kuch ko'chish yo'nalishiga tik yo'nalgan.

Ishning birligi. Ishning SI dagi birligi Joule (J)

$$[A] = [F] \cdot [s] = 1\text{N} \cdot 1\text{m} = 1\text{N} \cdot \text{m} = 1\text{J}.$$

Ishning SI dagi birligi sifatida 1 N kuchning 1 m masofada bajarigan ishi qabul qilingan.

Quvvat. Ishning bajarilish tezligini tavsiflash uchun **quvvat** degan kattalik kiritilgan va u N harfi bilan belgilangan.

Quvvat deb, bajarilgan ishning shu ishni bajarish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Agar elementar ish $A = F_s \cdot s$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$N = \frac{F_s \cdot s}{t} = F_s \cdot v$$

bo'ladi.

Quvvatning birligi. Quvvatning SI dagi birligini topish uchun berilgan ta'rifdan foydalanamiz:

$$N = \frac{[A]}{[t]} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}} = 1\text{W}.$$

Bu birlik — watt (W) deyiladi.

Quvvatning SI dagi birligi sifatida 1 s da 1 J ish bajaradigan qurilmaning quvvati qabul qilingan.



Sinov savollari

1. Energiya nima? 2. Energiyaning turlari va ular nimaga asosan turlanadi? 3. Mexanik ish tushunchasi nima maqsadda kiritilgan? 4. Mexanik ish qanday aniqlanadi? 5. Mexanik ish kuch va ko'chish orasidagi burchakka bog'liqmi? 6. Ishning SI dagi birligi. 7. Quvvat deb nimaga aytiladi? 8. Quvvatning SI dagi birligi.



21- §. Mexanik energiya

Mazmuni: mexanik energiya; kinetik va potensial energiyalar; ko'tarib qo'yilgan jismning potensial energiyasi; energiya birliklari.

Mexanik energiya. Mexanik energiya deb, mexanik harakatlarning va o'zaro ta'sirlarning miqdoriy o'lchoviga aytiladi. Sistemaning holatiga qarab, kinetik va potensial energiyalar bo'ladi.

Kinetik energiya. Sistemaning kinetik energiyasi deb, uning mexanik harakat natijasida oladigan energiyasiga aytiladi. m massali jism F kuch ta'sirida harakatga keladi va v tezlik oladi.

Natijada uning energiyasi kuch bajargan ishga teng miqdorda ortadi. v tezlik bilan harakatlanayotgan m massali jism

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (21.1)$$

kinetik energiyaga ega bo'ladi.

Jismning kinetik energiyasi uning massasi va tezligi kvadrati ko'paytmasining ikkiga bo'linganiga teng.

Potensial energiya. Jismlar sistemasining potensial energiyasi deb, ularning bir-biriga nisbatan joylashuviga va ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining xarakteriga bog'liq bo'lgan energiyaga aytiladi.

Aytaylik, jismlarning ta'siri biror maydonda ro'y bermoqda. Shu maydonda bajarilgan ish, jismning qanday trayektoriya bilan harakatlanishiga emas, balki uning boshlang'ich va oxirgi holatlariga bog'liq bo'lsin. Bunday maydonga potensial maydon, undagi kuchlarga esa konservativ kuchlar deyiladi. Potensial maydondagi har qanday jism potensial energiya E_p ga ega bo'ladi.

Yerdan h balandlikdagi jismning potensial energiyasi. Yer sirtidan h balandlikka ko'tarilgan m massali jismning potensial energiyasi

$$E_p = mgh = Ph \quad (21.2)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Balandlik h nolinch sathdan hisoblanasa, unda

$$E_p^0 = 0 \quad (21.3)$$

bo'ladi.

Bu yerda g — erkin tushish tezlanishi, $R = mg$ — og'irlik kuchi.

(21.2) ifodadan ko'rinib turibdiki, jismning potensial energiyasi jism og'irlik kuchining h balandlikdan tushishda bajaradigan ishga teng.

Energiya qanday birlikda o'lchanadi? Yuqorida ko'rganimizdek, biror sistema energiyasining o'zgarishi natijasida mexanik sistema ustida ish bajariladi va, o'z navbatida, bu yana energiyaning o'zgarishiga olib keladi. *Shuning uchun mexanik ishga, energiya almashinuvini tavsiflovchi kattalik sifatida qaraladi.* Yuqoridagi xulosaga asoslanib, ish va energiyaning birliklari bir xil degan xulosaga kelish mumkin. Demak, energiyaning SI dagi birligi Joule (J) bo'ladi.



Sinov savollari

1. Mexanik energiya nima va uning turlari haqida gapirib bering.
2. Kinetik energiya deb qanday energiyaga aytiladi?
3. Potensial energiya deb qanday energiyaga aytiladi?
4. Potensial maydon deb qanday maydonga aytiladi?
5. h balandlikdagi jismning potensial energiyasi nimaga teng?
6. Potensial energiya va og'irlik kuchining ishi orasida qanday bog'lanish mavjud?
7. Yer sirtidagi jismning potensial energiyasi nimaga teng?
8. Energiyaning birligi qanday?



22- §. Energiyaning saqlanish qonuni

Mazmuni: to'la mexanik energiya; to'la mexanik energiyaning saqlanish qonuni; energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.

To'la mexanik energiya. Sistemaning to'la mexanik energiyasi deb, uning kinetik va potensial energiyalarining yig'indisiga aytiladi:

$$E = E_k + E_p. \quad (22.1)$$

To'la mexanik energiya saqlanadimi? To'la mexanik energiya saqlanadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi:

$$E = E_k + E_p = \text{const}. \quad (22.2)$$

Yuqorida ta'kidlanganidek, energiyaning saqlanish qonuni vaqtning bir jinsliliigi natijasidir. Misol uchun, h balandlikdan tushayotgan jismning potensial energiyasi uning og'irlik kuchiga bog'liq bo'lib, tajriba qaysi vaqtda o'tkazilishiga mutlaqo bog'liq emas.

Tabiatda bir turdagi energiyaning boshqasiga aylanishi ro'y berib turadi. Bunga ishqalanish natijasida mexanik energiyaning is-siqlik energiyasiga aylanishi misol bo'ladi.

Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni bajariladimi? O'tka-zilgan ko'plab tajribalar, nazariy xulosalar energiyaning saqlanish qonunini qat'iy bajarilishini ko'rsatadi. Faqatgina tabiatda energiya-ni bir turdan boshqasiga (masalan, mexanik energiyadan issiqlik energiyasiga) aylanishi ro'y beradi. Shuning uchun ham bu qonunga energiyaning saqlanish va aylanish qonuni ham deyiladi. U tabiatning asosiy qonunlaridan bo'lib, nafaqat makroskopik, balki mikro jismlar sistemasi uchun ham o'rinlidir. Shunday qilib, **energiya hech qachon yo'qolmaydi ham, yo'qdan paydo ham bo'lmaydi. U faqat bir turdan boshqasiga aylanishi mumkin. Yopiq sistemada to'la energiya saqlanadi.** Hali tabiatda energiyaning saqlanish qonuni bajarilmagan jarayon ma'lum emas.



Sinov savollari

1. Qanday energiya to'la mexanik energiya deyiladi? 2. To'la mexanik energiya saqlanadimi? 3. Energiyaning saqlanish qonuni vaqtning qan-day xususiyatining natijasi? 4. Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni bajariladimi? 5. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni haqida nimalarni bilasiz?



Masala yechish namunalari

1 - masala. O'zgarmas F kuch ta'sirida vagon 5 m yo'lni o'tdi va 2m/s tezlik oldi. Agar vagonning massasi 400 kg va ishqalanish koeffitsiyenti 0,01 bo'lsa, kuch bajargan A ish aniqlansin.

Berilgan:

$$F = \text{const};$$

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

$$v = 2 \text{ m/s};$$

$$m = 400 \text{ kg};$$

$$\mu = 0,01.$$

Yechish. Kuch bajargan ish A , vagonni ko'chi-rish A_0 va unga kinetik energiya T berish uchun bajarilgan ishlarning yig'indisiga teng

$$A = A_0 + T.$$

Bu yerda A_0 — ishqalanish kuchiga qarshi bajaril-gan ish

$$A = ?$$

$$A_0 = F_{\text{ishq}} s = \mu P s = \mu m g s.$$

Bu yerda $F_{\text{ishq}} = \mu P$ va og'irlik kuchi $P = mg$ ekanligini e'ti-borga oldik. O'z navbatida, vagoncha olgan kinetik energiya

$$T = \frac{mv^2}{2}.$$

Shunday qilib, F kuch bajargan ish

$$A = \mu mgs + \frac{mv^2}{2}$$

kabi aniqlanadi. Berilganlardan foydalanib topamiz

$$A = 0,01 \cdot 400 \cdot 9,8 \cdot 5 \text{ J} + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4 \text{ J} = 996 \text{ J.}$$

$$\text{Javob: } A = 996 \text{ J.}$$

2 - masala. 1 t massali bosqon 2 m balandlikdan sandonga tushadi. Urilish 0,01 s davom etadi. Urilishning o'rtacha kuchi $F_{o'r}$ aniqlansin.

Berilgan:

$$m = 1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg};$$

$$h = 2 \text{ m};$$

$$\Delta t = 0,01 \text{ s.}$$

$$F_{o'r} = ?$$

Yechish. Urilish uchun impulsning saqlanish qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$F_{o'r} \cdot \Delta t = m \cdot v,$$

bundan

$$F_{o'r} = \frac{m \cdot v}{\Delta t}.$$

Shuningdek, energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq, bosqonning h balandlikda turgandagi potensial energiyasi $E_p = mgh$, sandonga urilayotgandagi kinetik energiyasi $E_k = \frac{mv^2}{2}$ ga teng bo'lishi kerak, ya'ni

$$E_p = E_k$$

yoki

$$mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

Ushbu ifodadan tezlikni topsak,

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

va $F_{o'r}$ uchun topilgan ifodaga qo'ysak,

$$F_{o'r} = \frac{m}{\Delta t} \cdot \sqrt{2gh}$$

ni hosil qilamiz. Berilganlar va $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ligidan foydalansak,

$$F_{o'r} = \frac{10^3}{0,01} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2} \text{ N} = 6,3 \cdot 10^5 \text{ N} = 630 \text{ kN}$$

$$\text{Javob. } F_{o'r} = 630 \text{ kN.}$$



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. $0,3 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan 20 t massali vagon $0,2 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan 30 t massali vagonni quvib yetadi. Agar urilish noelastik bo'lsa, ular o'zaro urilgandan keyin vagonlarning tezligi qanday bo'ladi? ($v = 0,24 \text{ m/s}$)
2. Odam massasi 2 kg bo'lgan jismni 1 m balandlikka 3 m/s^2 tezlanish bilan ko'targanda qancha ish bajaradi? ($A = 26 \text{ J}$)
3. Massasi $6,6 \text{ t}$ bo'lgan kosmik kema orbita bo'ylab $7,8 \text{ m/s}$ tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning kinetik energiyasi nimaga teng bo'ladi? ($T = 200 \text{ GJ}$)
4. 5 m balandlikdan erkin tushayotgan 3 kg massali jismning yer sirtidan 2 m balanddagi potensial va kinetik energiyalari nimaga teng? ($E_p = 60 \text{ J}$; $E_k = 90 \text{ J}$)
5. Koptok yerdan qaytib 2 h balandlikka ko'tarilishi uchun uni h balandlikdan pastga qanday boshlang'ich tezlik v_0 bilan tashlash kerak? Urilish absolut elastik deb hisoblansin. $v_0 = \sqrt{2gh}$.

Test savollari

1. ... turli shakldagi harakatlar va o'zaro ta'sirlarning miqdoriy o'lchovidir.

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| A. Energiya. | B. Potensial energiya. |
| C. Kinetik energiya | D. Elektr energiya. |
| E. Issiqlik energiya. | |

2. Bajarilgan ishning shu ishni bajarish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka ... deyiladi.

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| A. Mexanik ish. | B. Quvvat. |
| C. Energiya. | D. Issiqlik miqdori. |
| E. Foydali ish koeffitsiyenti. | |

3. Energiyaning SI dagi birligi nima?

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| A. Vatt. | B. Joul. |
| C. Kaloriya. | D. $\text{N} \cdot \text{m}$. |
| E. To'g'ri javob B va D. | |

Asosiy xulosalar

Jismning harakat miqdori (impulsi) deb, jism massasining tezlik vektoriga ko'paytmasiga teng bo'lgan va yo'nalishi tezlik vektori yo'nalishi bilan mos keladigan vektor kattalikka aytiladi $\vec{P} = m\vec{v}$.

Impulsning saqlanish qonuni: yopiq sistemaning impulsi saqlanadi, ya'ni vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi:

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

Energiya — turli shakldagi harakatlar va o'zaro ta'sirlarning miqdoriy o'lchovidir. Uning SI dagi birligi 1 J.

Mexanik ish deb, kuchning shu kuch ta'sirida ro'y bergan ko'chishga skalar ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi:

$$A = (\vec{F} \cdot \vec{S}) = F \cdot S \cdot \cos \alpha. \text{ Ishning SI dagi birligi 1 J.}$$

Quvvat deb, bajarilgan ishning shu ishni bajarish uchun ketgan vaqtga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

$$N = \frac{A}{t}.$$

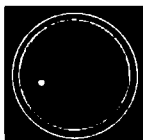
Quvvatning SI dagi birligi 1 W.

Sistemaning kinetik energiyasi deb, uning mexanik harakat natijasida oladigan energiyasiga aytiladi:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Yerdan h balandlikdagi jismning potensial energiyasi deb, $E_p = mgh = Ph$ ga aytiladi.

To'la mexanik energiya saqlanadi, ya'ni $E = E_k + E_p = \text{const}$.



Ma'lum vaqtdan keyin qaytariladigan harakatlarga yoki jaryonlarga *tebranishlar* deyiladi. Bunga soat mayatnigining, musiqa asbobi torlarining, yurakning harakatlari misol bo'ladi. Tebranishlarning tabiati turlicha bo'lishi mumkin. Masalan, soat mayatnigining harakati mexanik tebranish, elektr toki yo'nalishining o'zgarishi esa elektromagnit tebranishdir. Shunday bo'lsa-da, barcha tebranma jarayonlar bir xil xarakteristikalar va tenglamalar bilan tavsiflanadi. Shuning uchun ham barcha turdagi tebranishlarni yagona uslub bilan o'rganishga harakat qilishadi.

Erkin tebranishlar deb, sistemaga tashqi kuchlar tomonidan berilgan dastlabki energiya hisobiga vujudga kelib, so'ngra sistemaga boshqa ta'sir bo'lmaganda ham davom etadigan tebranishlarga aytiladi.

Tashqi kuch ta'sirida bo'ladigan tebranishlarga *majburiy tebranishlar* deyiladi.

Majburiy tebranishlar chastotasi bilan xususiy tebranishlar chastotasining mos kelishi natijasida tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketish hodisasiga *rezonans* deyiladi.

Rezonans ro'y beradigan chastotaga *rezonans chastotasi* deyiladi.



23- §. Garmonik tebranishlar va ularning xarakteristikalari. Prujinali va matematik mayatniklar

M a z m u n i: garmonik tebranishlar; garmonik tebranishlar tenglamasi; garmonik tebranishlar davri va chastotasi; prujinali mayatnik; matematik mayatnik.

Garmonik tebranishlar. Garmonik tebranish deb, fizik kattalikning vaqt o'tishi bilan kosinus (sinus) qonuniga muvofiq ro'y beradigan tebranma harakatiga aytiladi.

Garmonik tebranishlar eng sodda tebranishlar hisoblanadi va quyidagi ikki sababga ko'ra ular batafsil o'rganiladi: birinchidan, tabiatda va texnikada uchraydigan tebranishlarning aksariyati garmonik tebranishga yaqindir; ikkinchidan, turli murakkab tebranishlarni ham garmonik tebranishlarning yig'indisi sifatida qarash mumkin.

Garmonik tebranish tenglamasi. S kattalikning garmonik tarzda o'zgarishi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$S = A \cos(\omega_0 t + \varphi). \quad (23.1)$$

Bu yerda: A — tebranish amplitudasi; ω_0 — siklik chastota; φ — tebranishning boshlang'ich fazasi (32- rasm); $(\omega_0 t + \varphi)$ — tebranish fazasi deyilib, tebranuvchi nuqtaning muvozanat vaziyatidan chetlanish burchagi bilan xarakterlanadi. Kosinus + 1 dan - 1 gacha qiymatlarni qabul qilgani uchun S kattalik + A dan - A gacha qiymatlarni qabul qiladi (33- rasm).

Tebranuvchi nuqtaning tezligi

$$v = \frac{ds}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi), \quad (23.2)$$

tezlanishi

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi). \quad (23.3)$$

Hosil bo'lgan tenglikni

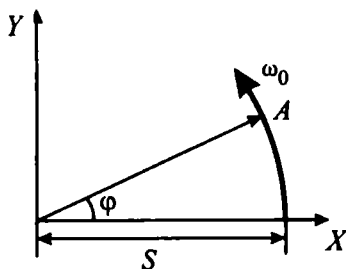
$$\frac{d^2s}{dt^2} + \omega_0^2 A \cos(\omega_0 t + \varphi) = 0$$

yoki

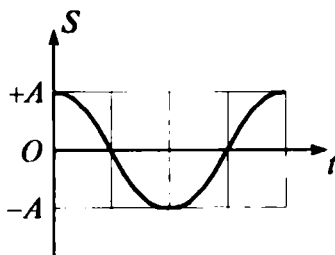
$$\frac{d^2s}{dt^2} + \omega_0^2 S = 0 \quad (23.4)$$

ko'rinishida yozish mumkin. Unga garmonik harakatning *differensial tenglamasi* deyiladi.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \quad (23.5)$$



32- rasm.



33- rasm.

T kattalik *tebranish davri*

$$\nu = \frac{1}{T},$$

ν — *tebranish chastotasi* deyiladi.

(23.5) dan aylanma (siklik) chastota uchun

$$\omega_0 = 2\pi\nu$$

ni olamiz. U 1 sekundda burilish burchagini ko'rsatadi.

Chastotaning SI dagi birligi — gers (Hz). U nemis fizigi G. Gers sharafiga shunday nomlangan. 1 Hz chastota deb, 1 sekundda 1 marta to'la takrorlanadigan davriy jarayonning chastotasiga aytiladi.

$$[\nu] = \frac{1}{[T]} = \frac{1}{1s} = 1s^{-1} = 1 \text{ Hz}.$$

Garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning to'la mexanik energiyasi uning kinetik va potensial energiyalarining yig'in-disiga teng va o'zgarmas kattalik

$$E = E_k + E_p = \frac{m}{2} A^2 \omega_0^2 = \text{const.} \quad (23.6)$$

Endi garmonik tebranma harakat qilayotgan ba'zi qurilmalar bilan tanishaylik. Ularning eng soddalari prujinali va matematik mayatniklardir.

Prujinali mayatnik. Prujinali mayatnik deb, absolut elastik prujinaga berkitilgan va elastiklik kuchi $F = -kx$ ta'sirida garmonik tebranma harakat qiladigan m massali yukka aytiladi (34-rasm).

Bu yerda k — prujinaning qattiqligi, x — yukning muvozanat vaziyatidan og'ishi.

Demak, prujinali mayatnikning harakat tenglamasi

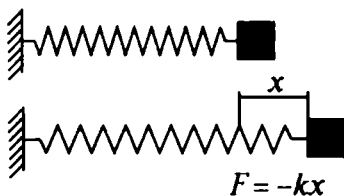
$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$$

ko'rinishida yozish mumkin. Yoki:

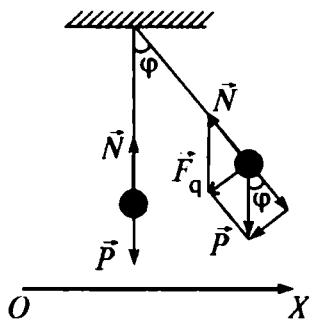
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0. \quad (23.7)$$

(23.4) va (23.7) larni solishtirib, prujinali mayatnikning siklik chastotasi ω_0 uchun topamiz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (23.8)$$



34- rasm.



35- rasm.

Tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (23.9)$$

Prujinali mayatnikning potensial energiyasi

$$E_p = \frac{kx^2}{2}. \quad (23.10)$$

Matematik mayatnik. Matematik mayatnik deb, cho'zilmaydigan, vaznsiz uzun ipga osilgan va og'irlik kuchi ta'sirida tebranma harakat qila oladigan moddiy nuqtaga aytiladi (35- rasm).

Muvozanat vaziyatidan φ burchakka og'dirilgan mayatnikni \vec{F}_q og'irlik kuchining tashkil etuvchisi harakatga keltiradi.

Matematik mayatnikning siklik chastotasi

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (23.11)$$

va tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (23.12)$$

ifodalar bilan aniqlanadi.

Shuningdek, matematik mayatnikning potensial energiyasi

$$E_p = \frac{mg}{l} \frac{x^2}{2}. \quad (23.13)$$

Bu yerda: g — erkin tushish tezlanishi, l — mayatnikning uzunligi, m — moddiy nuqtaning massasi.



1. Qanday jarayonlarga tebranishlar deb aytiladi? Tebranma harakatga beshta misol keltiring. 2. Qanday tebranishlarga erkin tebranishlar deb aytiladi? 3. Qanday tebranishlar majburiy tebranishlar deb aytiladi? 4. Rezonans nima? 5. Qanday tebranishlar garmonik tebranishlar deb aytiladi? 6. Garmonik tebranishlarni batafsil o'rganishga sabab nima? 7. Garmonik tebranish tenglamasi. 8. Garmonik tebranishning davri. 9. Garmonik tebranishning chastotasi. 10. Garmonik tebranishning siklik chastotasi. 11. Garmonik tebranishning amplitudasi. 12. Chastota-ning birligi. 13. Prujinali mayatnik deb qanday mayatnikka aytiladi? 14. Prujinali mayatnikning tebranish chastotasi, davri va potensial energiyasi qanday aniqlanadi? 15. Matematik mayatnik deb qanday mayatnikka aytiladi? 16. Matematik mayatnikni qanday kuch harakatga keltiradi? 17. Matematik mayatnikning tebranish chastotasi, davri va potensial energiyasi. 18. Garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning to'la mexanik energiyasi.



24- §. To'lqinlar. To'lqin xarakteristikalarini, to'lqinlarning qaytishi va sinishi

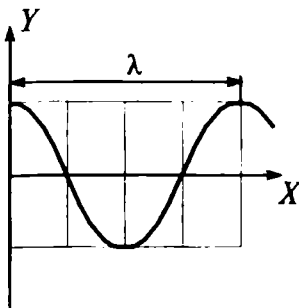
M a z m u n i : to'lqinlar; to'lqin xarakteristikalarini; yassi to'lqinlar; Gyuygens prinsipi; to'lqinning qaytishi va sinishi.

To'lqinlar. Tebranishlarning muhitda tarqalish jarayoniga to'lqinli jarayon yoki to'lqin deyiladi. To'lqinlar tarqalganda muhitning zararlari to'lqin bilan birgalikda harakatlanmaydi, balki muvozanat vaziyati atrofida tebranadi. Zarradan-zarraga tebranma harakat holati va to'lqin energiyasigina uzatiladi. Shuning uchun ham moddaning emas, balki energiyaning ko'chirilishi barcha to'lqinlarga xos xususiyatdir.

Suyuqlik sirtidagi to'lqinlar, elastik to'lqinlar va elektromagnit to'lqinlar farq qilinadi.

Elastik to'lqinlar deb, elastik, ya'ni qattiq, suyuq va gazsimon muhitda tarqaladigan mexanik g'alayonlanishlarga aytiladi. Elastik to'lqinlar bo'ylanma va ko'ndalang bo'lishi mumkin.

Bo'ylanma to'lqinlarda muhit zararlari to'lqin tarqalish yo'nalishida tebranadi. Ko'ndalang to'lqinlarda esa tarqalish yo'nalishiga perpendikular tekislikda tebranadi. Suyuqliklarda va gazlarda faqat bo'ylanma to'lqinlar vujudga keladi. Qattiq jismlarda esa ham bo'ylanma, ham ko'ndalang to'lqinlar vujudga kelishi mumkin.



36- rasm.



37- rasm.

To'liqin xarakteristikalari. Bir xil fazada tebranayotgan ikkita eng yaqin zarralar orasidagi masofaga to'liqin uzunligi deyiladi va λ harfi bilan belgilanadi (36- rasm).

$$\lambda = \nu T, \quad (24.1)$$

bu yerda: ν — to'liqinning tarqalish tezligi; T — davri. Agar $T = \frac{1}{\nu}$ ekanligini e'tiborga olsak,

$$\nu = \lambda \cdot \nu, \quad (24.2)$$

bu yerda ν — chastota.

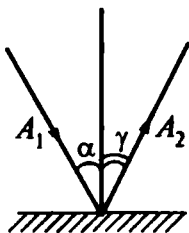
Yassi to'liqinlar. Agar to'liqinning tarqalish jarayomini chuqurroq o'rgansak, na faqat x o'qi bo'ylab yo'nalgan zarralar, balki ma'lum hajmdagi zarralar majmuyi ham tebranadi. Boshqacha aytganda, tebranish manbayidan tarqalayotgan to'liqinlar fazoning yangi-yangi sohalarini egallab boradi. t vaqtda tebranish yetib borgan nuqtalarning geometrik o'rniga *to'liqin fronti* deyiladi. Bir xil fazada tebranadigan nuqtalarning geometrik o'rniga esa *to'liqin sirti* deyiladi.

To'liqin sirti konsentrik sferalardan iborat bo'lishi mumkin. Sirti sferalardan iborat bo'lgan to'liqinga *yassi* yoki *sferik to'liqin* deyiladi. To'liqin sirtiga perpendikular yo'nalgan chiziqqa *nur* deyiladi. To'liqin nur yo'nalishi bo'ylab tarqaladi.

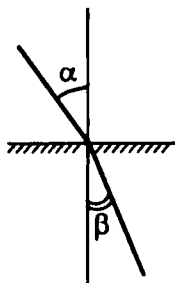
Gyuygens prinsipi. Muhitning to'liqin yetib borgan har bir nuqtasi ikkilamchi to'liqinlarning nuqtaviy manbayi bo'ladi. Ikki-lamchi to'liqinlarga urinma sirt keyingi ondagi to'liqin sirtidir (37- rasm).

Gyuygens prinsipi to'liqinlarning qaytishini tushuntirib beradi.

To'liqinning qaytish qonuni. Tushayotgan va qaytayotgan nurlar va tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotishadi. Qaytish burchagi γ tushish burchagi α ga teng (38- rasm).



38- rasm.



39- rasm.

To'lqinning sinishi. Ikki muhit chegarasida to'lqin yo'nalishining o'zgarishiga to'lqinning sinishi deyiladi (39- rasm). Tushayotgan nur, singan nur va nur tushgan nuqtaga ikki muhit chegarasiga o'tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbatan har ikkala muhit uchun ham o'zgarmas kattalikdir.



Sinov savollari

1. To'lqin deb nimaga aytiladi? 2. To'lqin tarqalganda muhit zararlari qanday harakatlanadi? 3. To'lqin tarqalganda moddalar ko'chadimi yoki energiya? 4. To'lqinlarning turlari. 5. Elastik to'lqinlar deb qanday to'lqinlarga aytiladi? 6. Bo'ylanma to'lqinlar deb qanday to'lqinlarga aytiladi? 7. Ko'ndalang to'lqinlar deb-chi? 8. Suyuqliklarda va gazlarda qanday to'lqinlar vujudga keladi? 9. Qattiq jismlarda qanday to'lqinlar vujudga keladi? 10. To'lqin uzunligi deb nimaga aytiladi? 11. To'lqinning tarqalish tezligi, to'lqin uzunligi va chastotasi orasida qanday munosabat mavjud? 12. To'lqin fronti deb nimaga aytiladi? 13. To'lqin sirti deb nimaga aytiladi? 14. Yassi to'lqin deb qanday to'lqinlarga aytiladi? 15. Gyuygens prinsipi. 16. To'lqinning qaytish prinsipi. 17. To'lqinning sinish prinsipi.



25- §. Tovush to'lqinlari

M a z m u n i: tovush to'lqinlarining xarakteristikallari; tovushning tezligi; tovushning intensivligi; tovushning qattiqligi va boshqa xarakteristikallari; tovush to'lqinlari uchun Dopler effekti; ultra-tovushlar.

Tovush to'lqinlari. To'lqinlar odam qulog'iga yetib borganda quloq pardasini majburiy tebrantiradi va odam tovushni eshitadi.

Odamda tovush sezgisini uyg'otuvchi chastotasi 16 — 20.000 Hz oralig'ida bo'lgan elastik to'lqinlarga *tovush to'lqinlari* deyiladi.

$\nu < 16$ Hz va > 20.000 Hz chastotali to'lqinlar insonning eshitish organlari tomonidan qabul qilinmaydi. $\nu < 16$ Hz chastotali to'lqinlarga infratovush va $\nu > 200000$ Hz chastotali to'lqinlarga *ultratovush to'lqinlari* deyiladi. Bundan tashqari, tovush to'lqinlarining quvvati odamda sezgi uyg'otish uchun yetarli bo'lishi kerak.

Tovush to'lqinlari ham barcha to'lqinlar kabi muhitda tarqaladi va bo'shliqda tarqala olmaydi. Shuning uchun ham vakuumdan tovush uzatilmaydi.

Tovush to'lqinlari qanday to'lqinlar? Gazlarda va suyuqliklarda tovush to'lqinlari faqatgina bo'ylanma bo'lishi mumkin. Chunki bu muhitlar faqatgina siqilish (cho'zilish) deformatsiyasiga nisbatan-gina elastiklik qobiliyatiga ega. Qattiq jismlar esa ham siqilish (cho'zilish), ham siljish deformatsiyalariga nisbatan elastik bo'lganliklari uchun ularda tovush to'lqinlari ham bo'ylanma, ham ko'n-dalang bo'lishi mumkin.

Tovushning tezligi. Bahorda avval chaqmoq chaqnashini, keyin esa momaqaldiroq tovushini eshitamiz. Bu hodisa tovushning tezligi yorug'likning tezligidan juda kichik ekanini ko'rsatadi.

Tovushning $T = 273$ K da havodagi tezligi $\nu = 331$ m/s ga teng. To'lqinlarning tarqalish tezligi muhitga va haroratga bog'liq. Bu xususiyat tovushning tarqalish tezligiga ham xosdir. Masalan, tovushning suvdagi tarqalish tezligi

$$\nu_s = 1450 \text{ m/s, po'latda esa } \nu_p = 5000 \text{ m/s.}$$

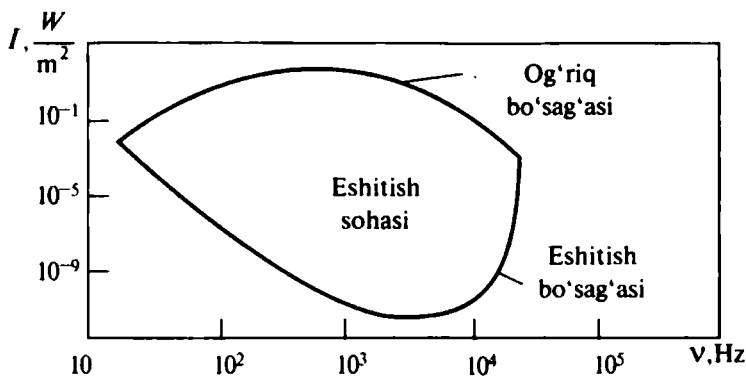
Tovushning intensivligi (tovushning kuchi). *Tovushning intensivligi deb, tovush to'lqinlarining tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lgan birlik yuzadan birlik vaqtda olib o'tiladigan energiyasi bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:*

$$I = \frac{W}{St}. \quad (25.1)$$

Tovush intensivligining SI dagi birligi.

$$[I] = \frac{[W]}{[S][t]} = \frac{1\text{J}}{1\text{m}^2 1\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

To'lqin energiyasi to'lqin amplitudasi va chastotasining kvadratlariga to'g'ri proporsional. Shuning uchun ham to'lqin intensivligi to'lqin amplitudasi, chastotalarining kvadratiga to'g'ri proporsional deyiladi.



40- rasm.

Shuni qayd etish kerakki, inson qulog'ining sezuvchanligi turli chastotalar uchun turlichadir. Kishida tovush tuyg'usini uyg'otish uchun har bir chastotaga mos ma'lum minimal intensivlik mavjud. Agar intensivlik o'sha chegaradan oshib ketsa, tovush eshitilmaydi va quloqda og'riq qo'zg'atadi. Shunday qilib, har bir to'lqin chastotasi uchun eng kichik (eshitish bo'sag'asi) va eng katta (og'riq sezish bo'sag'asi) tovush intensivligi mavjuddir. 40- rasmda eshitish va og'riq sezish bo'sag'alarining tovush chastotasiga bog'liqligi ko'rsatilgan. Ular orasida eshitish sohasi joylashgan.

Tovushning qattiqligi va boshqa xarakteristikalari. Tovushning qattiqligi intensivlikka bog'liq bo'lgan kattalikdir. Veber-Fexner qonuni bo'yicha intensivlik ortishi bilan tovushning qattiqligi logarifmik qonun bo'yicha ortadi.

$$\bar{L} = \lg \frac{I}{I_0}$$

I_0 — eshitish bo'sag'asidagi tovush intensivligi bo'lib, barcha tovushlar uchun 10^{-12} W/m² deb qabul qilinadi.

L kattalik tovushning intensivlik darajasi deyiladi va bei (B) yoki detsibellarda (dB) o'lchanadi. Tovushning fiziologik xarakteristikasi qattqlik darajasidir. U fonlarda ifodalanadi.

1000 Hz chastotada, agar intensivlik darajasi 1 dB bo'lsa, tovushning qattiqligi 1 fon bo'ladi.

Qattqlikdan tashqari, tovushni xarakterlovchi «tovushning balandligi» va «tembri» tushunchalaridan ham foydalaniladi.

Tovushning balandligi — tovush chastotasiga bog'liq bo'lib, eshituvchi tomonidan aniqlanadigan tovushning sifatidir. Chastota ortishi bilan tovushning balandligi ham orta boradi.

Tovushning tembri esa energiyaning ma'lum chastotalar orasida taqsimlanishini xarakterlovchi kattalikdir. Masalan, bir xil notada ashula aytuvchi xonandalar turlicha energiya sarflaganlari uchun turlicha tembrga ega bo'ladilar.

Tovush to'liqlar uchun Dopler effekti. Bizga hayotiy tajribamizdan ma'lumki, poyezd perronga yaqinlashib kelayotganida parovoz signali qattiqroqdek, poyezd perrondan uzoqlashayotganda esa parovoz signali sekinroqdek tuyuladi. Boshqacha aytganda, tebranishlar manbayining (signal manbayining) qabul qiluvchiga (quloqqa) nisbatan harakati qabul qilinayotgan tebranishlar chastotasining o'zgarishiga olib keladi. Bu hodisaga *Dopler effekti* deyiladi. *To'liqlar manbayi va qabul qiluvchining bir-biriga nisbatan harakatlanishi natijasida qabul qilinayotgan to'liqlar chastotasining o'zgarishiga Dopler effekti deyiladi.*

Ultratovushlarning qo'llanilishi. Chastotasi $\nu > 20000$ Hz bo'lgan elastik to'liqlarga *ultratovushlar* deyiladi. Uning chastotasi katta, to'liqin uzunligi kichik va shuning uchun qat'iy yo'nalgan nur sifatida hosil qilish mumkin.

Texnikada ultratovush turli usullarda hosil qilinib, ularni ikki guruhga ajratish mumkin: 1) mexanik — havo va suyuqlik hushtaklari, sirenalarda yordamida; 2) elektromexanik — elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga aylantirish natijasida.

Lekin ultratovushlarning qo'llanilish sohasi juda katta. Agar ultratovush tekshiriladigan detaldan o'tkazilsa, sochilgan nur va ultratovush soyasiga qarab, undagi defektlar aniqlanishi mumkin. Shu prinsipga asoslanib, ultratovush defektoskopiyasi sohasi vujudga kelgan. Ultratovush, shuningdek, modda almashuvlarini yaxshilashda, moddalarning fizik xossalari o'rganishda, jismlarga mexanik ishlov berishda, meditsina va boshqa sohalarda ishlatiladi.



Sinov savollari

1. Tovush to'liqlari deb qanday to'liqlarga aytiladi? 2. Tovush chastotalari qanday oraliqda bo'ladi? 3. Chastotasi 16 Hz dan kichik tovushlarga qanday tovushlar deyiladi? 4. Chastotasi 20 000 Hz dan katta tovushlarga qanday tovushlar deyiladi? 5. Tovush to'liqlari bo'shliqda tarqaladimi? 6. Tovush to'liqlari bo'ylanma to'liqlarmi yoki ko'ndalang? 7. Tovushning tezligi nimaga teng? 8. Tovushning tezligi haroratga bog'liqmi, muhitga-chi? 9. Tovushning intensivligi va uning birligi. 10. Eshitish bo'sag'asi nima? Og'riq sezish bo'sag'asi-chi? 11. Tovushning qattiqligi qanday aniqlanadi? 12. Tovushning intensivlik darajasi.

13. Tovushning qattqlik darajasi. 14. Tovushning balandligi. 15. Tovushning tembri. 16. Tovush to'qlinlari uchun Dopler effekti. 17. Ultratovush hosil qilish usullari. 18. Ultratovushning qanday xususiyati uning keng qo'llanishiga imkon beradi? 19. Ultratovushning qo'llanish sohalari. 20. Ultratovush deffektoskopiyasi qanday soha?



Masala yechish namunalari

1- masala. $x = A \cos \omega (t + \tau)$ tenglama bilan berilgan tebranishning davri T , chastotasi ν va boshlang'ich fazasi φ aniqlansin.
 $\omega = 2,5\pi \text{ s}^{-1}$; $\tau = 0,4 \text{ s}$ deb olinsin.

Berilgan:

$$x = A \cdot \cos \omega (t + \tau);$$

$$\omega = 2,5\pi \text{ s}^{-1};$$

$$\tau = 0,4 \text{ s}.$$

$$T = ?$$

$$\nu = ?$$

$$\varphi = ?$$

Yechish. Berilgan tebranish tenglamasini garmonik tebranish tenglamasi $x = A \cos (\omega t + \varphi)$ ko'rinishiga keltiramiz. $x = A \cos (\omega t + \omega \tau)$ va ularni solishtirib, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\varphi = \omega \tau,$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi},$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{\nu}.$$

Berilganlarni topilgan ifodalarga qo'yib olamiz:

$$\varphi = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,4 \text{ rad} = \pi \text{ rad};$$

$$\nu = \frac{2,5\pi}{2\pi} \text{ s}^{-1} = 1,25 \text{ s}^{-1} = 1,25 \text{ Hz}; \quad T = \frac{2\pi}{2,5\pi} \text{ s} = 0,8 \text{ s}.$$

$$\text{Javob. } T = 0,8 \text{ s}; \quad \nu = 1,25 \text{ Hz}; \quad \varphi = \pi \text{ rad}.$$

2- masala. Prujinaga m massali yuk osilganda u 9 sm ga cho'zilib, prujinali mayatnik hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan mayatnikning tebranish davri topilsin.

Berilgan:

$$X = 9 \text{ sm} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

$$T = ?$$

Yechish. Prujinali mayatnikning tebranish davri quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

bu yerda m — yukning massasi; k — prujinaning qattqligi. Cho'zilgan prujinada vujudga keladigan elastiklik kuchining qiymati, ya'ni

$$F = kx.$$

Cho'zilishda, muvozanat holatida esa $F = P = mg$,

$$kx = mg.$$

Bundan

$$m = \frac{kx}{g}.$$

Massa uchun topilgan ushbu ifodadan foydalanib, davr uchun olamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{kx}{gk}} = 2\pi \sqrt{\frac{x}{g}}.$$

Berilgandan foydalanib, davr uchun topamiz:

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-2}}{9,8}} \text{ s} = 0,6 \text{ s}.$$

$$\text{Javob. } T = 0,6 \text{ s}.$$



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Qattiqligi 250 H/m bo'lgan prujinaga bog'lab qo'yilganda 16 s ichida 20 marta tebranadigan yukning massasini toping. ($m = 4 \text{ kg}$.)
2. Bir xil vaqt ichida biri 10 marta, ikkinchisi esa 30 marta tebranadigan ikkita matematik mayatnikning uzunliklari qanday nisbatda bo'ladi? (9:1)
3. Tebranayotgan mayatnikning uzunligini 3 marta kamaytirilib, amplitudasi 2 marta orttirilsa, uning to'liq mexanik energiyasi necha marta o'zgaradi? (12 marta.)
4. Uzunligi 80 sm bo'lgan, 1 min. da 34 marta tebranadigan mayatnik bilan laboratoriya ishini bajargan o'quvchi erkin tushish tezlanishi uchun qanday qiymat olgan? ($g = 10,1 \text{ m/s}^2$.)
5. Erkakning eng past tovushining havodagi to'lqin uzunligi 4,3 m, ayolning eng yuqori tovushining to'lqin uzunligi esa 25 sm. Bu tovushlarning tebranish chastotalarini toping. Havoda tovushning tarqalish tezligi 340 m/s deb olinsin. ($v_{\text{er}} = 79 \text{ Hz}$; $v_{\text{ayol}} = 1360 \text{ Hz}$.)

Test savollari

1. Ma'lum vaqtdan keyin qaytariladigan harakatlarga ... deyiladi.

- A. To'lqinlar.
- B. Tebranishlar.
- C. Rezanator.
- D. Erkin tebranishlar.
- E. Majburiy tebranishlar.

2. Garmonik tebranishlar tenglamasini toping:

A. $S = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$. B. $X = X_m \cos \omega t$. C. $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

D. $E_p = \frac{mg}{l} \cdot \frac{x^2}{2}$. E. To'g'ri javob A va B.

3. Moddiy nuqta tebranish qonuni $x=0,03\sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$ m ko'ri-
nishida berilgan. $t=\frac{3}{4}T$ vaqt o'tgandan so'ng nuqta siljishining
modulini metrlarda toping:

- A. 0,05. B. 0,01. C. 0,04. D. 0,02. E. 0,03.

4. Keltirilgan tenglamalar orasidan matematik mayatnikning
tebranish davri ifodasini toping:

A. $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. B. $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. C. $T=2\pi\sqrt{LC}$.

D. $T=\frac{2\pi}{\omega}$. E. $T=\frac{1}{\nu}$.

5. Tovush to'lqinining balandligi nimaga bog'liq?

- A. Tebranish amplitudasiga.
- B. To'lqin intensivligiga.
- C. Tovush chastotasiga.
- D. Tebranish fazasiga.
- E. Tovush tarqalish tezligiga.

Asosiy xulosalar

Garmonik tebranish deb, fizik kattalikning vaqt o'tishi bilan kosinus (sinus) qonuniga muvofiq ro'y beradigan tebranma harakatiga aytiladi.

Uning tenglamasi: $S = A \cdot \cos(\omega_0 t + \alpha)$. Davri $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.

Chastotasi: $\nu = \frac{1}{T}$. Chastotaning SI dagi birligi 1 Hz.

Prujinali mayatnik deb, absolut elastik prujinaga biriktirilgan va elastiklik kuchi $F = -kx$ ta'sirida garmonik tebranma harakat qiladigan m massali yukka aytiladi.

Matematik mayatnik deb, cho'zilmaydigan, vaznsiz uzun ipga osilgan va og'irlik kuchi ta'sirida tebranma harakat qila oladigan moddiy nuqtaga aytiladi.

To'lqinlar. Tebranishlarning muhitda tarqalish jarayoniga to'lqinli jarayon yoki *to'lqin* deyiladi.

Odamning tovush sezgisini uyg'otuvchi elastik to'lqinlar *tovush to'lqinlari* deyiladi. Uning chastotasi 16—20000 Hz oralig'ida bo'ladi.
